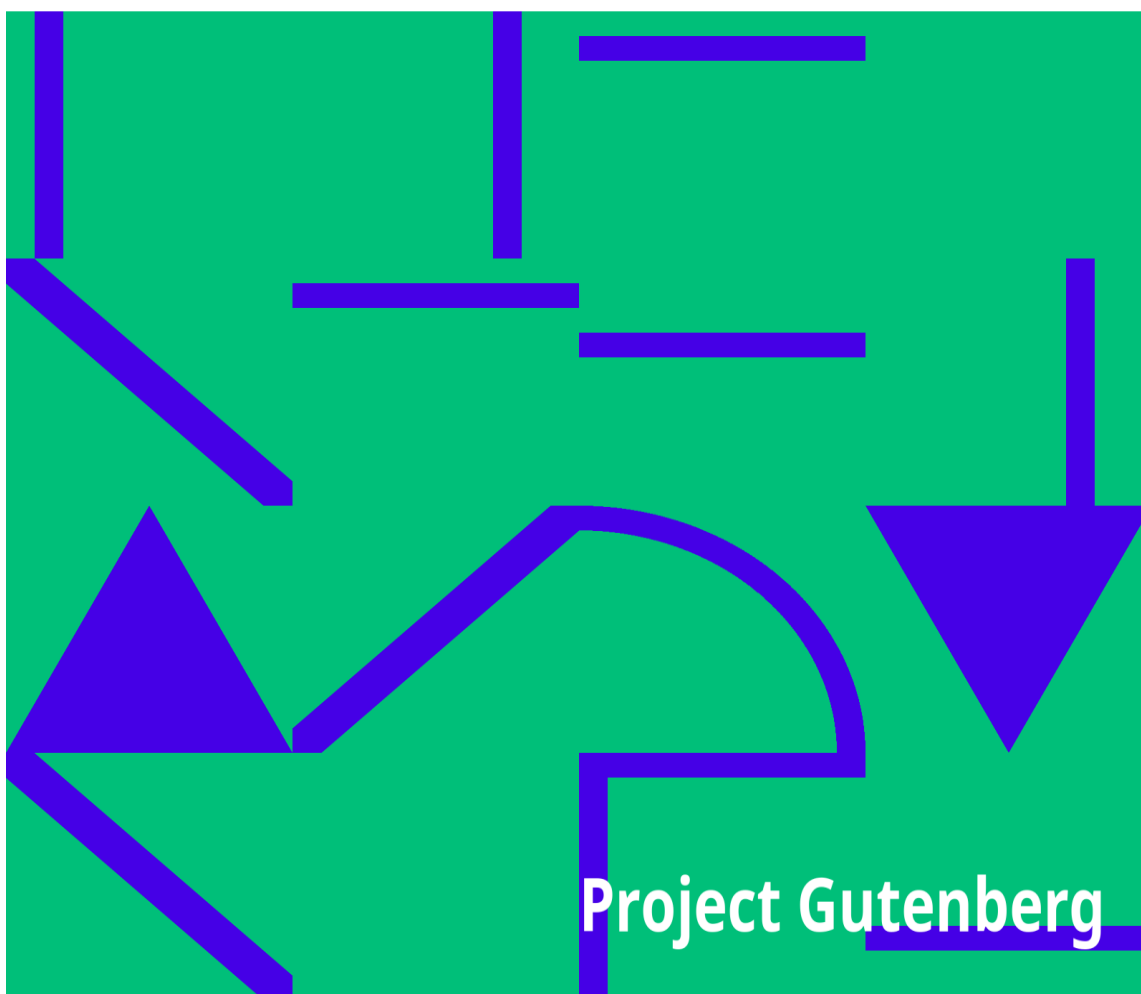


Механизм жизни

Стефан Ледук

The Mechanism of Life

Stéphane Leduc



Содержание

[МЕХАНИЗМ ЖИЗНИ](#)

[МЕХАНИЗМ ЖИЗНИ](#)

[Д-р Стефан ЛЕДЮК](#)

[У. ДИН БАТЧЕР](#)

[НЬЮ-ЙОРК](#)

[РЕБМАН КОМПАНИЯ](#)

[Геральд-сквер-билдинг 141-145, Западная 36-я улица](#)

[ПРЕДИСЛОВИЕ ПЕРЕВОДЧИКА](#)

[ПРЕДИСЛОВИЕ К АНГЛИЙСКОМУ ИЗДАНИЮ](#)

[СОДЕРЖАНИЕ](#)

[ВВЕДЕНИЕ](#)

[МЕХАНИЗМ ЖИЗНИ](#)

[ГЛАВА I](#)

[ГЛАВА II](#)

[ГЛАВА III](#)

[ГЛАВА IV](#)

[ГЛАВА V](#)

[ГЛАВА VI](#)

[ГЛАВА VII](#)

[ГЛАВА VIII](#)

[ГЛАВА IX](#)

[ГЛАВА X](#)

[ГЛАВА XI](#)

[ГЛАВА XII](#)

[ГЛАВА XIII](#)

[ПОЛНАЯ ЛИЦЕНЗИЯ ПРОЕКТА ГУТЕНБЕРГ](#)

Электронная книга проекта «Гутенберг» «Механизм жизни»

Эта электронная книга предназначена для бесплатного использования в любой точке США и большинства других стран мира практически без каких-либо ограничений. Вы можете копировать, передавать или повторно использовать ее в соответствии с условиями лицензии проекта «Гутенберг», прилагаемой к этой электронной книге или доступной онлайн по [адресу www.gutenberg.org](http://www.gutenberg.org). Если вы не проживаете в США, перед использованием этой электронной книги вам необходимо ознакомиться с законодательством страны, в которой вы проживаете.

Название: Механизм жизни

Автор: Стефан Ледук

Переводчик: Уильям Дин Батчер

Дата выпуска: 15 октября 2010 г. [электронная книга № 33862]

Язык: английский

Благодарности: Произведено Дэвидом Гарсиа, Джеймсом Нугеном, Китом Эдкинсом и командой онлайн-корректоров <http://www.pgdp.net>

*** НАЧАЛО ЭЛЕКТРОННОЙ КНИГИ ПРОЕКТА ГУТЕНБЕРГ «МЕХАНИЗМ ЖИЗНИ» ***

Примечание транскрибатора: Некоторые типографские ошибки были исправлены. Они отображаются в тексте следующим образом, а объяснение появляется при наведении курсора мыши на отмеченный фрагмент.

МЕХАНИЗМ ЖИЗНИ



Осмотические процессы. [Фронтиспис

МЕХАНИЗМ ЖИЗНИ

АВТОР: Д-Р СТЕФАН ЛЕДЮК

ПРОФЕССОР МЕДИЦИНСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ГРАДА НАНТ

ПЕРЕВОД ДОКТОРА СТЕФАНА ЛЕДЮКА ДОКТОРА СТЕФАНА ЛЕДЮКА

БЫВШИЙ ПРЕЗИДЕНТ РЕНТГЕНОВСКОГО ОБЩЕСТВА И ЭЛЕКТРОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ КОРОЛЕВСКОГО
МЕДИЦИНСКОГО ОБЩЕСТВА

«Природа сформировала и формирует
простых существ путем
генерации спонтанной». ЛАМАРК.



НЬЮ-ЙОРК

РЕБМАН КОМПАНИЯ

**ЗДАНИЕ HERALD SQUARE
141-145, WEST 36TH STREET**

Первое издание март 1911 г.

Второе издание, январь 1914 г.

Напечатано в Англии

ПРЕДИСЛОВИЕ ПЕРЕВОДЧИКА

Книга профессора Ледука «Теория физико-химической природы жизни и самопроизвольного зарождения» вызвала большой интерес и немалое сопротивление на континенте. Еще в 1907 году Академия наук Франции () исключила из своих *отчетов (Comptes Rendus)* доклад об этих экспериментальных исследованиях диффузии и осмоса, поскольку он слишком близко затрагивал острый вопрос о самопроизвольном зарождении.

Как отмечает автор, ранние эволюционные гипотезы Ламарка были убиты оппозицией и пренебрежением и должны были возродиться в Англии, прежде чем получили всеобщее признание в виде дарвиновской теории. Поэтому неудивительно, что он обращается за оценкой своей работы к свободному воздуху и широким горизонтам англоязычных стран.

Он назвал свою книгу «Механизм жизни», поскольку, как бы мало мы ни знали о происхождении жизни, мы все же можем надеяться увидеть ее механизм и, возможно, даже услышать шум колес в мастерской Природы. Эта тема представляет огромный интерес для биологов и врачей, совершенно независимо от ее связи с вопросом о самозарождении. Какие бы взгляды ни высказывали различные школы мысли относительно природы и значения жизни, все они одинаково приветствуют этот новый и важный вклад в наше знание о механизме, с помощью которого Природа создает ошеломляющее разнообразие своих форм.

Я думаю, что нет ничего более удивительного и поучительного, чем осмотический рост — грубый комок неодушевленной материи, прорастающий на наших глазах, дающий ростки, стебли, корни, ветви, листья и плоды без стимула со стороны зародыша или семени, даже без присутствия органического вещества. Эти минеральные образования не являются простыми кристаллизациями, как полагают многие; они растут путем инвагинации, а не нарастания. Они демонстрируют явления циркуляции и дыхания, а также примитивную форму размножения путем почкования; у них есть период бурного молодого роста, старости, смерти и разложения. Они так точно имитируют формы, цвет, текстуру и даже микроскопическую структуру органических образований, что могут обмануть даже самых опытных специалистов. Кроме того, когда мы обнаруживаем, что процессы питания в этих осмотических образованиях происходят так же, как и в живых существах, что повреждение осмотического образования восстанавливается путем коагуляции его внутреннего сока и что оно способно выполнять периодические движения, как животное или растение, мы теряемся в догадках, как определить границу между этими минеральными формами и формами органической жизни.

В настоящем томе автор собрал все данные, необходимые для полного обзора механизма жизни, который состоит, по сути, из тех явлений, которые проявляются при контакте растворов различной степени концентрации. Каким бы ни был вердикт по поводу аргументов автора в пользу самозарождения, все согласятся, что эта книга является блестящим и стимулирующим исследованием, основанным на личных исследованиях прирожденного экспериментатора.

Настоящий том является переводом французского издания доктора Ледука, но это не все: работа была переведена, отредактирована, исправлена и во многих местах переписана рукой самого автора. Я отвечаю только за английскую форму трактата и могу только сожалеть о том, что мне не удалось в полной мере воспроизвести очарование оригинала.

У. ДИН БАТЧЕР.

Илинг.

ПРЕДИСЛОВИЕ К АНГЛИЙСКОМУ ИЗДАНИЮ

По инициативе доктора Дина Батчера эта работа представлена английским читателям, народу, который подарил человечеству столько оригинальных, гениальных и имеющих огромное значение открытий.

Как и живое существо, идея для своего зарождения и развития требует зародыша и среды развития. Неоспоримо, что англо-американский народ представляет собой среду, особенно благоприятную для зарождения и развития новых идей.

В ходе нашего сотрудничества доктор Дин Батчер был разумным и просвещенным критиком, все изменения в английском издании были внесены благодаря его замечаниям. Он вник в суть книги, чтобы перевести ее, и во многих частях придал тексту больше ясности и лаконичности, чем было в оригинале.

СТЕФАН ЛЕДЮК.

НАНТ, 1911.

СОДЕРЖАНИЕ

	СТРАНИЦА
ПРЕДИСЛОВИЕ ПЕРЕВОДЧИКА	vii
ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА	ix
ВВЕДЕНИЕ	xiii
I. ЖИЗНЬ И ЖИВЫЕ СУЩЕСТВА	1
II. РЕШЕНИЯ	14

III. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ РАСТВОРЫ	24
IV. Коллоиды	36
V. Диффузия и осмос	43
VI. Периодичность	67
VII. Когезия и кристаллизация	78
VIII. Кариокинез	89
IX. Энергетика	97
X. Синтетическая биология	113
XI. Осмотический рост: исследование морфогенеза	123
XII. Явления жизни и осмотические продукты: исследование в области физиогенеза	147
XIII. Эволюция и самозарождение	160

ВВЕДЕНИЕ

Раньше жизнь считалась явлением, полностью отделенным от других явлений природы, и даже в настоящее время наука оказалась совершенно неспособной дать определение жизни; эволюция, питание, чувствительность, рост, организация — ни одно из этих явлений, даже способность к размножению, не является исключительной привилегией жизни.

Живые существа состоят из тех же химических элементов, что и минералы; живое существо является ареной тех же физических сил, что и неорганический мир.

Жизнь трудно определить, потому что она отличается от одного живого существа к другому; жизнь человека не является жизнью полипа или растения, и если мы не можем обнаружить границу, отделяющую жизнь от других явлений природы, то это потому, что такой границы не существует — переход от одушевленного к неодушевленному является постепенным и незаметным. Шаг между сталагмитом и полипом меньше, чем между полипом и человеком, и даже опытный биолог часто затрудняется определить, является ли

та или иная промежуточная форма результатом жизни или безжизненных сил минерального мира.

Живое существо — это преобразователь материи и энергии, причем и материя, и энергия не могут быть созданы и уничтожены, т. е. их количество неизменно. Живое существо — это лишь поток материи и энергии, которые изменяются от момента к моменту, проходя через организм.

То, что составляет живое существо, — это его форма; ведь живое существо рождается, развивается и умирает с формой и структурой своего организма. Эта эфемерная природа живого существа, которая погибает вместе с разрушением его формы, находится в резком контрасте с вечным характером материи и энергии, которые циркулируют внутри него.

Элементарным явлением жизни является контакт между питательной жидкостью и клеткой. Ведь сущностным явлением жизни является питание, и для того, чтобы быть усвоенными, все элементы организма должны быть приведены в состояние растворения. Следовательно, изучение жизни лучше всего начинать с изучения тех физико-химических явлений, которые возникают в результате контакта двух разных жидкостей. Таким образом, биология является лишь отраслью физико-химии жидкостей; она включает в себя изучение электролитических и коллоидных растворов, а также молекулярных сил, возникающих в результате растворения, осмоса, диффузии, когезии и кристаллизации.

В этом томе я постарался изложить как можно больше из науки об энергетике, не используя математических формул; также обсуждаются понятие энтропии и закон термодинамики Карно.

Явления катализа и диастатического брожения впервые были подчинены общим законам энергетике. Я сделал это, показав, что катализ является лишь одним из примеров общего закона преобразования потенциальной энергии в кинетическую, а именно посредством вмешательства посторонней возбуждающей и стимулирующей энергии, которая может быть бесконечно меньше энергии, которую она преобразует. Эта концепция приводит жизнь в соответствие с другими каталитическими действиями и показывает нам живое существо как хранилище потенциальной энергии, которая высвобождается под воздействием внешнего стимула, который также может возбуждать ощущения.

В следующей главе я рассмотрел возникновение синтетической биологии, историю и методы которой я описал. Только в последнее время прогресс физико-химической науки позволил нам войти в эту область исследований, последнюю в эволюции биологической науки.

Настоящая работа содержит некоторые из самых ранних результатов этой синтетической биологии. Мы увидим, как с помощью простой диффузии жидкостей можно получить формы, которые с наибольшей точностью имитируют не только обычные клеточные ткани, но и более сложные поперечно-полосатые структуры, такие как мышцы и перламутр. Мы также увидим, как с помощью простой диффузии жидкостей можно воспроизвести в упорядоченной и регулярной последовательности сложные движения, подобные тем, которые наблюдаются при кариокинезе живой клетки.

Сущностной характеристикой живого существа является его форма. Это единственная характеристика, которую оно сохраняет на протяжении всего своего существования, с которой оно рождается, которая вызывает его развитие и исчезает с его смертью. Задача синтетической биологии состоит в распознавании тех физико-химических сил и условий,

которые могут производить формы и структуры, аналогичные формам и структурам живых существ. Это является предметом главы о морфогенезе.

Последняя глава посвящена учению об эволюции. Цепь жизни по необходимости является непрерывной, от минералов на одном конце до самых сложных организмов на другом. Мы не можем допустить, чтобы она была разорвана в какой-либо точке или чтобы между одушевленной и неодушевленной природой отсутствовала связь. Следовательно, теория эволюции обязательно признает физико-химическую природу жизни и факт самозарождения. Только так эволюционная теория может стать рациональной, стимулирующей и плодотворной вдохновительницей исследований. Мы ищем физико-химические силы, которые производят формы и структуры, аналогичные формам и структурам живых существ, и явления, аналогичные явлениям жизни. Мы изучаем изменения в окружающей среде, которые модифицируют эти формы, и ищем в прошлом нашей планеты те природные явления, которые привели в действие эти физико-химические силы. Таким образом, мы можем найти путь, который, как мы надеемся, однажды приведет к открытию происхождения и эволюции жизни на Земле.

МЕХАНИЗМ ЖИЗНИ

ГЛАВА I

ЖИЗНЬ И ЖИВЫЕ СУЩЕСТВА

Первобытный человек различал в природе только два вида тел: неподвижные и одушевленные. Движение было для него проявлением жизни. Ручей, ветер, волны — все это было живым, и каждое из них обладало всеми атрибутами жизни: волей, чувствами и страстями. Древнегреческая мифология — не что иное, как поэтическое выражение этой первобытной концепции.

В эволюции интеллекта, как и в эволюции тела, развитие индивидуума является лишь повторением развития расы. Даже сейчас дети приписывают жизнь всему, что движется. Для них маленькая птичка все еще живет внутри часов и производит тиканье колесиков. Однако в наше время мы узнали, что все в природе движется, поэтому движение само по себе не может считаться характеристикой жизни.

Гераклит метко сравнивает жизнь с пламенем. Аристотель говорит: «Жизнь — это питание, рост и распад, причиной которых является принцип, имеющий конечную цель в себе самом, а именно *ἐντελέχεια*». Этот принцип сам по себе нуждается в определении, и Аристотель лишь заменяет одно неизвестное определение другим.

Биша определил жизнь как совокупность функций, противостоящих смерти. Это означает определение жизни с точки зрения смерти, но смерть — это лишь конец жизни, и ее нельзя определить, не определив сначала жизнь. Клод Бернар отвергает все определения жизни как недостаточные и несовместимые с экспериментальной наукой.

Некоторые современные физиологи считают чувствительность, другие — возбудимость характеристикой жизни и определяют жизнь как способность реагировать каким-либо изменением на внешний стимул. Как и в случае с движением, более внимательное наблюдение показало, что эта способность также является универсальной в природе. Нет действия без реакции; упругое тело отталкивает тело, которое на него ударяется. Каждый объект в природе расширяется под воздействием тепла, сжимается под воздействием холода и изменяется под воздействием поглощаемого им света. Все в природе реагирует на внешнее воздействие изменением, и поэтому эта способность не может быть характеристикой жизни.

Известный профессор физиологии привык учить, что непропорциональность между действием и реакцией является характеристикой жизни. «Позвольте грамму веса упасть на нерв, и мышца поднимет вес в десять граммов. Эта непропорциональность является характеристикой жизни». Но гораздо большее несоответствие между действием и реакцией наблюдается, когда трение спички взрывает пороховой завод или включение выключателя зажигает лампы и приводит в движение трамваи и двигатели большого города. Поэтому несоответствие между действием и реакцией не является характеристикой жизни.

Часто говорят, что основной характеристикой жизни является питание — явление, при котором живой организм поглощает вещество из окружающей среды, подвергает его химической метаморфозе, усваивает его и, наконец, выбрасывает разрушительные продукты метаморфозы в окружающую среду. Но эта характеристика также присуща

большому количеству обычных химических реакций, поэтому мы не можем назвать ее особенностью жизни. Рассмотрим, например, фрагмент хлорида кальция, погруженный в раствор карбоната натрия. Он поглощает ион карбоната, включает его в молекулу карбоната кальция и выбрасывает ион хлора в окружающую среду.

Можно утверждать, что это всего лишь химический процесс, поскольку вещество, определяющее реакцию, также изменяется: хлорид кальция превращается в карбонат кальция. Но каждое живое существо также изменяет свой химический состав в каждый момент своего существования — именно это изменение и составляет процесс старения. Вещество ребенка отличается от вещества яйцеклетки, а вещество взрослого человека отличается от вещества ребенка. Следовательно, мы не можем рассматривать питание как исключительную характеристику жизни.

Другие авторитеты считают рост и организацию существенными признаками жизни. Но кристаллы тоже растут. Говорили, что рост кристалла отличается от роста живого существа тем, что первый растет за счет добавления материала извне — как соединение кирпичей, — а второй растет за счет инвагинации, то есть введения свежего материала в вещество организма. Кроме того, кристалл является однородным, в то время как ткани живого существа дифференцированы — такая дифференциация и составляет организацию. В настоящее время, однако, мы признаем существование большого разнообразия чисто физических образований, так называемых «осмотических наростов», которые увеличиваются в результате процесса инвагинации и развивают из этого удивительную сложность организации и формы. Следовательно, рост и организация не могут считаться существенными характеристиками жизни.

Поскольку мы совершенно не в состоянии определить точную границу, отделяющую жизнь от физических явлений природы, мы можем справедливо заключить, что такого разделения не существует. Это соответствует «закону непрерывности» — принципу, утверждающему, что все явления природы непрерывны во времени и пространстве. Классы, разделы и разграничения — все это искусственные понятия, созданные не природой, а человеком. Все формы и явления природы объединены незаметным переходом; их невозможно разделить, и в разграничении живых и неживых вещей мы должны довольствоваться относительными определениями, которые далеки от точности.

Жизнь можно определить только как совокупность всех явлений, проявляемых живыми существами, и таким образом ее определение становится лишь следствием определения живого существа.

Истинное определение живого существа заключается в том, что оно является преобразователем энергии, получая из окружающей среды энергию, которую оно возвращает в эту среду в другой форме. Все живые организмы являются преобразователями энергии.

Живой организм также является преобразователем материи. Он поглощает материю из окружающей среды, преобразует ее и возвращает в окружающую среду в другом химическом состоянии. Живые существа являются химическими преобразователями материи.

Живые существа также являются преобразователями формы. Они начинают с очень простой формы, которая постепенно развивается и становится более сложной.

Материя, из которой состоит живой организм, в основном состоит из определенных растворов кристаллоидов и коллоидов. К этому можно добавить осмотическую мембрану, содержащую жидкости, и твердый скелет, поддерживающий и защищающий их. Наконец, похоже, что коллоид одной из альбуминоидных групп является необходимым компонентом каждого живого существа.

Таким образом, мы можем сказать, что живое существо является преобразователем энергии и материи, содержащим определенные альбуминоидные вещества, с эволюционной формой, состав которой в основном жидкий.

Живое существо имеет ограниченную продолжительность жизни. Оно рождается, развивается, организуется, угасает и умирает. Во всех метаморфозах формы, вещества и энергии, определяющих весь ход его существования, существует определенная координация, определенная гармония, необходимая для сохранения индивидуума. Эту гармонию мы называем Жизнью. Раздор — это болезнь, а полное прекращение гармонии — это смерть. Когда форма глубоко изменяется, а вещество преобразуется, трансформация энергии больше не следует своему обычному ходу, организм умирает.

После смерти коллоиды, составлявшие форму живого существа, переходят из жидкого состояния «золей» в коагулированное состояние «гелей». Метаморфозы формы, субстанции и энергии продолжают, но уже не гармонично для сохранения индивидуума, а дисгармонично для его распада. В конце концов, форма индивидуума исчезает, субстанция и энергия живого существа распадаются и рассеиваются в других телах и других явлениях.

Результаты, полученные до сих пор в результате изучения жизни, кажутся незначительными по сравнению со временем и трудом, посвященными этому вопросу. Макс Верворт восклицает: «Не находимся ли мы на ложном пути? Не задаем ли мы природе неверные вопросы или не правильно ли мы читаем ее ответы?»

Каждая отрасль науки в начале своего развития использует только простые методы наблюдения. Она является чисто описательной. Следующим шагом является разделение различных частей исследуемого объекта — вскрытие и анализ. Наука теперь становится аналитической. Заключительным этапом является воспроизведение веществ, форм и явлений, которые были предметом исследования. Наука наконец становится синтетической.

До настоящего времени биология использовала только два первых метода — описательный и аналитический. Аналитический метод находится в серьезном невыгодном положении во всех биологических исследованиях, поскольку невозможно разделить и проанализировать элементарные явления жизни. Функция органа прекращается, когда он изолирован от организма, частью которого он является. Это является главной причиной нашего отсутствия прогресса в анализе жизни.

Только недавно мы смогли применить синтетический метод к изучению явлений жизни. Теперь, когда мы знаем, что живой организм является лишь ареной для преобразования энергии, мы можем надеяться воспроизвести элементарные явления жизни, вызывая аналогичное преобразование энергии в подходящей среде.

Органическая химия уже добилась многочисленных успехов в этом направлении, и быстрый прогресс в производстве органических веществ путем химического синтеза можно считать первыми плодами синтетической биологии.

Явление определяется рядом обстоятельств, которые мы называем его причинами и которые являются его результатом. Кроме того, каждое явление способствует возникновению других явлений, которые называются его следствиями. Поэтому, чтобы понять любое явление в целом, мы должны определить все его причины как качественно, так и количественно.

Явления сменяют друг друга во времени как следствия друг друга и таким образом образуют непрерывную цепь от бесконечности прошлого до бесконечности будущего. Живое существо получает из своего окружения запас материи и энергии, которые оно преобразует и возвращает. Оно является неотъемлемой частью среды, в которой живет, которая воздействует на него и на которую оно воздействует. Живое существо и среда, в которой оно существует, взаимозависимы. Эта среда, в свою очередь, зависит от своего окружения — и так далее от среды к среде по всем регионам бесконечного пространства.

Один из великих законов Вселенной — это закон непрерывности во времени и пространстве. Мы не должны упускать из виду этот закон, когда пытаемся проследить метаморфозы материи, энергии и формы в живых существах. Эволюция — это не что иное, как выражение этого закона непрерывности, этой последовательности явлений, следующих друг за другом, как звенья цепи, без разрывов в огромных просторах времени и пространства.

Другой великий всеобщий закон, закон сохранения, с одинаковой силой применяется как к живым, так и к неживым вещам. Этот закон утверждает несоздаваемость и неразрушимость материи и энергии. Данное количество материи и энергии остается абсолютно неизменным во всех преобразованиях, через которые оно может пройти.

Здесь нет необходимости обсуждать вопрос о возможном преобразовании материи в эфир или эфира в материю, поддающуюся взвешиванию. Такое преобразование, если оно существует, имело бы лишь небольшое отношение к явлениям жизни. Более того, оно, вероятно, также будет соответствовать закону сохранения энергии.

В ярком контрасте с постоянством материи и энергии находится эфемерная природа формы, проявляющаяся в живых существах. Функция, поскольку она является лишь результатом формы, также эфемерна. Все способности жизни связаны с ее формой — живое существо рождается, существует и умирает со своей формой.

В некоторых случаях явления жизни могут замедляться по сравнению с их нормальной скоростью и интенсивностью, как у животных, впадающих в спячку (), или полностью приостанавливаться, как у семян. Это состояние приостановки жизни, как бы скрытой жизни, напоминает нам о машине, которая была остановлена, но сохранила свою форму и вещество без изменений и может быть запущена снова, когда препятствие для ее движения будет устранено.

На протяжении всей своей жизни живое существо находится в тесной зависимости от своего окружения. Например, явления жизни ограничены очень узкими пределами температуры. Живой организм, состоящий в основном из жидких растворов, может существовать только при температурах, при которых такие растворы остаются жидкими, т. е. между 0 °C и 100 °C. Некоторые организмы, конечно, могут быть заморожены, но их жизнь остается в состоянии приостановки до тех пор, пока их вещество остается твердым. Поскольку белковые вещества, которые являются необходимым компонентом живого организма, коагулируют при 44 °C, проявления жизни быстро уменьшаются при температуре выше этой отметки.

Можно сказать, что интенсивность жизни постепенно увеличивается с повышением температуры от 0 °С до 40 °С, а затем быстро уменьшается с повышением температуры выше этой отметки, практически исчезая при 60 °С.

Еще одним необходимым условием для жизни является наличие кислорода. Жизнь, сравниваемая Гераклитом с пламенем, представляет собой процесс сгорания, окисления, для которого необходимо наличие кислорода под определенным давлением. Существуют, конечно, некоторые анаэробные микроорганизмы, которые, по-видимому, существуют без кислорода, но на самом деле они получают кислород из среды, в которой растут.

На жизнь также влияют свет, механическое давление, химический состав окружающей среды и другие условия, которые мы пока не понимаем. В каждом случае условия окружающей среды (), которые являются благоприятными или вредными, варьируются в зависимости от природы организма: некоторые живут в воздухе, некоторые — в пресной воде, а другие — в море.

Раньше считалось, что вещество живого существа существенно отличается от вещества минерального мира, настолько, что существовали две отдельные химии — органическая химия, изучающая вещества, полученные из тел, которые когда-то обладали жизнью, и неорганическая химия, занимающаяся минералами, металлоидами и металлами. Сейчас мы знаем, что живой организм состоит из тех же элементов, что и минеральный мир. Это углерод, кислород, водород, азот, фосфор, кальций, железо, сера, хлор, натрий, калий и один или два других элемента в меньшем количестве. Раньше считалось, что органические соединения этих элементов встречаются только в живых организмах и могут быть созданы только жизненными силами. Однако в последнее время в лабораториях производится все большее количество органических веществ.

Органические вещества можно разделить на четыре основные группы. (1) *Углеводы*, включая сахара и крахмалы, все из которых можно считать образованными из углерода и воды. (2) *Жиры*, которые с химической точки зрения можно рассматривать как эфиры глицерина, соединения одной молекулы глицерина и трех молекул жирной кислоты с выделением воды. (3) *Альбуминоиды*, вещества, молекулы которых являются сложными и содержат азот и серу в дополнение к углероду, кислороду и водороду. Альбуминоид клеточного ядра также содержит фосфор, а гемоглобин крови содержит железо. (4) *Минералы* или неорганические элементы, такие как хлорид натрия, фосфат кальция и углекислый газ. К этой группе также относится вода, которая является наиболее важным компонентом, поскольку она составляет более половины вещества всех живых существ.

В 1828 году Вёлер осуществил первый синтез органического вещества, мочевины, одного из продуктов разложения альбумина. С тех пор было получено большое количество органических веществ путем синтеза их неорганических элементов. Последним достижением в этом направлении является работа Эмиля Фишера, который получил полипептиды, имеющие те же реакции, что и пептоны, путем объединения нескольких молекул амидов жирных кислот.

В дальнейшем синтезе органических соединений проблемы, стоящие перед нами, аналогичны уже решенным. Существенной разницы между органической и неорганической химией нет; живые организмы состоят из тех же элементов, что и минеральный мир, и органические соединения этих элементов могут быть получены в наших лабораториях, так же как и в лаборатории живого организма.

Более того, живое существо лишь на короткое время заимствует те минеральные элементы, которые, пройдя через живой организм, вновь возвращаются в минеральное царство, из которого они пришли.

Вся материя имеет в себе жизнь — или, во всяком случае, вся материя, способная входить в состав живой клетки. Эта жизнь является потенциальной, пока элемент находится в минеральном состоянии, и фактической, пока элемент проходит через живой организм.

Минеральная материя превращается в органическую материю при прохождении через растительный организм. Углекислый газ, образующийся в результате сгорания и дыхания, поглощается хлорофиллом листьев под воздействием света — кислород углекислого газа возвращается в воздух, а углерод используется растением для образования сахара, крахмала, целлюлозы и жиров.

Таким образом, растения питаются в значительной степени через листья, получая важную часть питания из воздуха, а корнями они извлекают из земли воду, фосфаты, минеральные соли и нитраты, необходимые для образования белковых компонентов. Растение — это лаборатория, в которой происходит процесс органического синтеза, в результате которого минеральные вещества превращаются в органические. Первой синтетической реакцией является образование молекулы муравьиного альдегида, CH_2O , путем соединения молекулы воды с атомом углерода.

Из этого муравьиного альдегида, или формальдегида, мы можем получить все различные углеводы путем простой полимеризации, т. е. путем объединения нескольких молекул с выделением или без выделения воды. Таким образом, две молекулы формальдегида образуют одну молекулу уксусной кислоты, $2\text{CH}_2\text{O} = \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$. Три молекулы формальдегида образуют одну молекулу молочной кислоты, $3\text{CH}_2\text{O} = \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$. Шесть молекул формальдегида представляют глюкозу и левулозу, $6\text{CH}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Двенадцать молекул формальдегида минус одна молекула воды образуют сахарозу, лактозу, тростниковый сахар и молочный сахар, $12\text{CH}_2\text{O} = \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{H}_2\text{O}$; n раз по шесть молекул формальдегида () минус одна молекула воды, $n(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)$, образуют крахмал и целлюлозу.

Животные получают питание из растений либо напрямую, либо опосредованно через мясо травоядных животных. Минеральные вещества, ставшие органическими в процессе прохождения через растительный рост, в конечном итоге возвращаются с помощью животных организмов в минеральный мир в виде углекислого газа, воды, мочевины и нитратов. Таким образом, растения можно рассматривать как синтетические агенты, а животные и микробы — как агенты разложения. Здесь разница также относительна, поскольку в некоторых случаях растения производят углекислый газ, а некоторые животные организмы осуществляют синтетические соединения. Кроме того, существуют промежуточные формы, такие как грибы, которые не обладают хлорофиллом и питаются органическими веществами, как животные, но, как и растения, способны производить органические вещества из минеральных солей.

Процесс сгорания, начатый животным организмом, завершается под действием микроорганизмов, которые завершают окисление — реминерализацию химических веществ, изначально извлеченных из неорганического мира посредством растительной жизни.

Подводя итог. Растения получают питание из минеральных веществ, которые они восстанавливают, деокисляют и заряжают солнечной энергией. Животные организмы,

напротив, окисляют, а микроорганизмы завершают окисление этих веществ, возвращая их в минеральный мир в виде воды, карбонатов, нитратов и сульфатов.

Таким образом, материя вечно циркулирует от минерального к растительному миру, от растительного к животному миру и обратно. Материя, которая формирует нашу структуру, которая сегодня является неотъемлемой частью нас самих, сформировала структуру бесконечного числа живых существ и будет продолжать свое бесконечное перевоплощение после нашей смерти.

Этот бесконечный цикл жизни является также бесконечным циклом энергии. Соединение углерода с водой, осуществляемое под действием хлорофилла, может происходить только с поглощением энергии. Эта энергия поступает непосредственно от солнца, причем красное и оранжевое излучение поглощается хлорофиллом. Остановка роста растений в зимние месяцы обусловлена не столько понижением температуры, сколько уменьшением излучаемой энергии, получаемой от солнца. Точно так же тень вредна для растительности, поскольку она не дает растениям получать энергию излучения, необходимую для роста.

Энергия, излучаемая солнцем, накапливается и хранится в тканях растений. Позже животные питаются растениями и используют эту энергию, выделяя продукты разложения, *то есть* компоненты своей пищи за вычетом содержащейся в ней энергии. Таким образом, вся энергия, которая оживляет живые существа, вся энергия, составляющая жизнь, исходит от солнца. Солнцу мы также обязаны всем искусственным теплом, энергией, накопленной в древесине и угле. Мы все — дети солнца.

Радиационная энергия солнца преобразуется растениями в химическую энергию. Именно эта химическая энергия питает жизнедеятельность животных, которые возвращают ее во внешний мир в виде тепла, механической работы и мышечных сокращений, света у светлячков, электричества у электрических угрей.

Существует заметная разница между формами, на которые влияют органические и неорганические вещества. Формы минерального мира — это формы кристаллов — геометрические формы, ограниченные прямыми линиями, плоскостями и правильными углами. Живые организмы, напротив, влияют на формы, которые менее регулярны — изогнутые поверхности и закругленные углы. Физическая причина этого различия в форме заключается в различии консистенции: кристаллы являются твердыми, тогда как живые организмы — жидкими или полужидкими. Жидкости природы, потоки, облака и капли росы, влияют на те же закругленные формы, что и живые организмы.

Живые существа в большинстве своем обладают замечательной степенью симметрии. Некоторые, такие как радиолярии и морские звезды, имеют звездообразную форму. У растений различные органы часто расходятся от оси таким образом, что при повороте растения вокруг этой оси различные формы накладываются три, четыре или, чаще, пять раз за один полный оборот. Примечательно, как часто число пять повторяется в разделах и частях живого организма. В других случаях сходные части располагаются симметрично по обе стороны от средней линии или плоскости, образуя ряд гомологичных частей, которые не накладываются друг на друга.

Наиболее важной характеристикой живого существа является его форма. Это неявно признают натуралисты, которые классифицируют животных и растения по родам и видам в соответствии с различиями и аналогиями их формы.

Все живые существа состоят из элементарных организаций, называемых клетками. В своем полном состоянии клетка состоит из мембраны или оболочки, содержащей массу протоплазмы, в центре которой находится ядро дифференцированной протоплазмы. Это ядро, в свою очередь, может содержать ядрышко. В некоторых случаях клетка представляет собой просто протоплазматическую массу без видимой оболочки, так что клетка может быть определена как масса протоплазмы, снабженная ядром.

Живой организм может состоять из одной-единственной клетки, которая способна самостоятельно выполнять все функции жизни. Однако большинство живых существ состоят из множества клеток, образующих клеточное объединение или сообщество. Когда несколько клеток объединяются, образуя одно живое существо, различные функции жизни распределяются между разными группами клеток. Некоторые клетки специализируются на выполнении одной функции, и каждой функции соответствует своя форма клетки. Таким образом, по их форме легко распознать нервные клетки, мышечные клетки, выполняющие функцию движения, и железистые клетки, выполняющие функцию секреции. Клетки живого существа имеют микроскопические размеры, и примечательно, что они никогда не достигают значительных размеров.

Для поддержания жизни в живом организме необходимо постоянное поступление питательных веществ и выведение определенных других веществ, являющихся продуктами обмена веществ. Чтобы быть усвоенными и ассимилированными, питательные вещества должны поступать в живой организм в жидком или газообразном состоянии. Таким образом, необходимым условием для поддержания жизни является контакт живой клетки с потоком жидкости. Элементарным физическим явлением жизни является контакт двух разных жидкостей. Это необходимое условие, которое делает возможным химический обмен и преобразование энергии, составляющие жизнь. Именно в изучении явлений контакта и диффузии жидкостей мы можем надеяться проникнуть в тайны жизни. Физика жизненной деятельности — это физика явлений, происходящих в жидкостях, и изучение физики жидкости должно быть вступлением и основой любого исследования природы и происхождения жизни.

ГЛАВА II

РАСТВОРЫ

Мы видели, что живые существа являются преобразователями энергии и материи, эволюционными по форме и жидкими по консистенции; что они представляют собой растворы коллоидов и кристаллоидов, разделенных осмотическими мембранами, образующими микроскопические клетки, или состоящие просто из желеобразной массы протоплазмы с ядром из слегка дифференцированного материала. Элементарным явлением жизни является контакт двух разных растворов. Это исходное физическое явление, из которого происходят все другие явления жизни в соответствии с обычными химическими и физическими законами. Таким образом, основой биологической науки является изучение

растворов и явлений, происходящих между двумя разными растворами, находящимися в непосредственном контакте или разделенными мембраной.

Раствор — это однородная смесь одного или нескольких растворенных веществ в жидком растворителе. До растворения растворенное вещество может быть твердым, жидким или газообразным.

Растворенные вещества, или вещества, способные к растворению, можно разделить на два класса: вещества, способные к кристаллизации, или кристаллоиды; и вещества, неспособные к кристаллизации, или коллоиды. Кристаллоиды можно снова разделить на две категории: те, растворы которых ионизируются и поэтому проводят электричество, в основном соли, кислоты и основания; и те, растворы которых не ионизируются и поэтому не проводят электричество. Последние в большинстве своем являются кристаллизующимися веществами органического происхождения, такими как сахара, мочевины и т. д.

Закон Авогадро утверждает, что при одинаковых условиях температуры и давления равные объемы различных газов содержат равное количество молекул. При одинаковых условиях молекулярные массы различных веществ имеют, следовательно, такое же соотношение, как и массы равных объемов их паров. Следовательно, если мы произвольно зафиксируем молекулярную массу любого одного вещества, молекулярная масса всех других веществ будет тем самым определена. Молекулярная масса водорода была произвольно установлена равной двум, и, следовательно, молекулярная масса любого вещества будет в два раза превышать его плотность в газообразном состоянии по сравнению с водородом.

Грамм-молекула. Грамм-молекула — это молекулярная масса вещества, выраженная в граммах. Иногда для краткости грамм-молекула называется «молекулой». Таким образом, мы можем сказать, что молекулярная масса кислорода составляет 16 граммов, подразумевая под этим, что в 16 граммах кислорода содержится такое же количество молекул, как и в 1 грамме водорода атомов.

Концентрация — концентрация раствора — это отношение количества растворенного вещества к количеству растворителя. Концентрация раствора выражается различными способами. (a) Вес растворенного вещества, растворенного в 100 граммах растворителя. (b) Вес растворенного вещества, присутствующего в 100 граммах раствора. (c) Вес растворенного вещества, растворенного в 1 литре растворителя. (d) Вес растворенного вещества в 1 литре раствора. Наиболее распространенным методом является указание концентрации в виде веса растворенного вещества, растворенного в 100 граммах или в 1 литре растворителя.

Молекулярная концентрация.—Многие физические и биологические свойства раствора пропорциональны не его массе или массовой концентрации, а его молекулярной концентрации, т.е. количеству граммовых молекул растворенного вещества, содержащихся в литре раствора. Многие физические свойства совершенно не зависят от природы растворенного вещества, завися только от степени его молекулярной концентрации.

Обычный раствор.—Нормальный раствор - это тот, который содержит один грамм-молекулу растворенного вещества на литр. Децинормальный раствор содержит одну десятую граммовой молекулы растворенного вещества на литр, а центинормальный раствор - одну сотую граммовой молекулы. Обычный раствор мочевины, например, содержит 60 граммов мочевины на литр, в то время как обычный раствор сахара содержит 342 грамма сахара на литр.

Растворенное вещество представляет собой газ.—Ван т'Хофф, используя данные, полученные ботаником Пфеффером, показал, что растворенное вещество в растворе ведет себя точно так же, как если бы оно было газом. Аналогия полна во всех отношениях. Подобно молекулам газа, молекулы растворенного вещества подвижны по отношению друг к другу. Подобно молекулам газа, молекулы растворенного вещества имеют тенденцию распределяться равномерно и заполнять все пространство, имеющееся в их распоряжении, *т.е.* весь объем раствора. Поверхность раствора представляет собой сосуд, содержащий газ, который ограничивает его в определенных пределах и предотвращает дальнейшее расширение.

Осмотическое давление.—Подобно молекулам газа, молекулы растворенного вещества оказывают давление на границы содержащего его пространства. Это осмотическое давление подчиняется точно таким же законам, как и давление газа. Оно имеет те же постоянные, и все представления, полученные при изучении давления газа, применимы к осмотическому давлению. Осмотическое давление на самом деле представляет собой газообразное давление молекул растворенного вещества.

Когда газ расширяется и увеличивается в объеме, его температура падает и образуется холод. Аналогично, когда растворимое вещество растворяется, оно увеличивается в объеме, а температура жидкости падает. Это явление хорошо известно как средство получения холода с помощью охлаждающей смеси.

Явления жизни регулируются законами давления газов, поскольку все эти явления происходят в растворах. Фундаментальными законами биологии являются законы распределения веществ в растворе, которые регулируются законами давления газов, поскольку все эти законы применимы также к осмотическому давлению.

Закон Бойля.—Когда газ сжимается, его объем уменьшается. Если давление удваивается, объем уменьшается наполовину. Величина $V \times P$, то есть объем, умноженный на давление, постоянна.

Закон Гей-Люссака.— При разнице температур в один градус по Цельсию все газы расширяются или сжимаются на $1/273$ своего объема при 0° по Цельсию.

Закон Дальтона.—В газовой смеси общее давление равно сумме давлений, которые оказывал бы каждый газ, если бы он один заполнял всю емкость.

Давление, пропорциональное концентрации молекул.—Приведенные выше законы полностью независимы от химической природы газа, они зависят только от количества молекул газа в данном пространстве, *т.е.* от концентрации молекул. Если мы удваиваем массу газа в данном пространстве, мы удваиваем количество молекул, а также удваиваем давление, независимо от природы молекул. Мы также можем удвоить давление, сжимая молекулы газа или нескольких газов в пространстве, вдвое меньшем первоначального размера. Молекулярная концентрация газа или смеси газов - это отношение количества молекул к объему, который они занимают. Давление газа или смеси газов пропорционально его молекулярной концентрации. Это лучший и более короткий способ выразить как закон Бойля, так и закон Дальтона.

Одна граммовая молекула газа, независимо от его природы, конденсированная в объеме 1 литра, имеет давление 22,35 атмосферы. Аналогично, один грамм-молекула растворенного вещества, независимо от его природы, при растворении в литре воды имеет одинаковое давление, а именно. 22,35 атмосферы.

Абсолютный ноль.— Согласно закону Гей-Люссака, объем газа уменьшается на $1/273$ его объема при 0°C с каждым понижением температуры на градус. Таким образом, если сжатие одинаково для всех температур, объем будет уменьшен до нуля при -273°C . Это абсолютный ноль температуры. Температуры, измеренные с этой точки, называются абсолютными температурами и обозначаются символом T . Если t° указывает температуру по Цельсию выше точки замерзания воды, то абсолютная температура равна $t^\circ + 273^\circ$.

Газовая постоянная.—Рассмотрим массу газа при 0°C под давлением P_0 , объемом V_0 . При абсолютной температуре T , если давление не изменится, объем этого газа составит $V_0 T / 273$. Поэтому постоянное PV произведение давления на объем, будут представлены к $P_0 V_0 T / 273$.

При той же температуре, но при другом давлении P' газ будет иметь другой объем V' . Поскольку, согласно закону Бойля, PV постоянен ($P'V' = P_0 V_0$), он все равно будет равен $P_0 V_0$, $T / 273$. Следовательно, $P_0 V_0 / 273$ также постоянна. Эта величина называется "газовой постоянной", и если мы представим ее символом R , то получим общую формулу $PV = RT$ для всех газов, или $PV / T = R$.

Предположим, например, что у нас есть грамм-молекула газа при 0°C в объеме 1 литра. Он имеет давление 22,35 атмосферы при 0°C , или абсолютную температуру 273°C . Поскольку $PV = RT$, $R = PV / T = 1 \times 22.35 / 273 = .0819$. Это число .0819 является числовым значением константы R для всех газов, объем измеряется в литрах, а давление - в атмосферах.

Вещества в растворе ведут себя точно так же, как газы, они подчиняются тем же законам и имеют те же постоянные. Все концепции, которые были приобретены при изучении газов, применимы к растворам, а следовательно, и к явлениям жизни. Осмотическое давление раствора - это сила, с которой молекулы растворенного вещества, подобно молекулам газа, стремятся диффундировать в пространство и давят на границы, которые их ограничивают, причем сосуд, содержащий раствор, представлен поверхностями раствора. Осмотическое давление измеряется точно так же, как и давление газа. Для измерения давления пара мы вставляем манометр в стенки котла. Таким же образом мы можем использовать манометр для измерения осмотического давления. Мы прикрепляем трубку к стенкам пористого сосуда, даем растворителю увеличиться в объеме под давлением растворенного вещества и измеряем подъем жидкости в трубке манометра.

Аппарат Пфедффера.—Компания Pfeffer разработала прибор для измерения осмотического давления. Он состоит из сосуда из пористого фарфора, поры которого заполнены коллоидным раствором ферроцианида меди. Это образует полупроницаемую мембрану, которая пропускает воду в сосуд, но предотвращает попадание сахара или любого коллоида. Пробка, герметично закрывающая сосуд, прокалывается для размещения ртутного манометра. Сосуд наполняют раствором сахара и погружают в ванну с водой. Объем раствора внутри сосуда может варьироваться, поскольку вода легко проходит в любом направлении через поры сосуда. Граница раздела растворителя стала растяжимой, и его объем может увеличиваться или уменьшаться в соответствии с осмотическим давлением растворенного вещества. Под давлением сахара вода всасывается в сосуд, как воздух в сифон, раствор поступает в трубку манометра и поднимает столбик ртути до тех пор, пока его давление не уравнивает осмотическое давление молекул сахара.

Осмотическое давление соответствует законам давления газов.—Это осмотическое давление на самом деле является давлением газа и может быть точно таким же образом измерено в миллиметрах ртутного столба. Таким образом, мы можем показать, что осмотическое давление подчиняется законам давления газов, определенным Бойлем,

Дальтоном и Гей-Люссаком. Коэффициент изменения давления при изменении температуры для растворенного вещества такой же, как и для газа. Формула $PV = RT$ применима к обоим. Числовое значение константы R также одинаково для растворенного вещества и для газа, равно 0,0819 для одного грамма-молекулы любого из них, когда объем выражен в литрах, а давление - в атмосферах. Формула $PV = RT$ показывает, что для данной массы при том же объеме давление увеличивается пропорционально абсолютной температуре.

Осмотическое давление сахара.— Обычный раствор сахара, содержащий 342 грамма сахара на литр, имеет давление 22,35 атмосферы, и вполне может возникнуть вопрос, почему такое огромное давление не проявляется более явно. Причина кроется в огромном сопротивлении диффузии при трении. Сопротивление трению пропорционально площади соприкасающихся поверхностей, и эта площадь быстро увеличивается с каждым разделением вещества. Когда растворенное вещество распадается на составляющие его молекулы, его поверхность значительно увеличивается, и, следовательно, увеличивается трение между молекулами растворенного вещества и молекулами растворителя.

Изотонические растворы.— Два раствора, которые имеют одинаковое осмотическое давление, называются изоосмотическими или изотоническими. При сравнении двух растворов разной концентрации раствор с более высоким осмотическим давлением считается гипертоническим, а раствор с более низким осмотическим давлением - гипотоническим.

Снижение температуры замерзания.— Чистая вода замерзает при 0°C . Рауль показал, что введение неионизируемого вещества, такого как сахар или спирт, снижает температуру замерзания раствора пропорционально молекулярной концентрации растворенного вещества. Один грамм-молекула растворенного вещества, введенного в один литр раствора, снижает температуру его застывания на $1,85^{\circ}\text{C}$. Таким образом, обычный раствор любого неионизируемого вещества в воде замерзает при температуре $-1,85^{\circ}\text{C}$. Измерение этого понижения температуры замерзания называется криоскопией, и этот метод находит все большее применение в медицине.

Криоскопия крови.— Чтобы определить осмотическое давление крови при 37°C , т.е. $98,6^{\circ}\text{F}$., нормальной температуре, мы действуем следующим образом. При замораживании крови мы обнаруживаем, что она застывает при температуре $-0,56^{\circ}$. Следовательно, ее молекулярная концентрация составляет $0,56 / 1,85 = 0,30$, или примерно треть грамма молекулы на литр. Таким образом, его осмотическое давление при 0°C составляет $0,3 \times 22,35 = 6,7$ атмосферы. Увеличение давления с повышением температуры такое же, как и для газа, а именно на $1/273$ или $0,00367$ от его давления при 0° на каждый градус повышения температуры. Следовательно, повышение давления при 37° составляет $0,00367 \times 37 \times 6,7 = 0,9$ атмосферы. Таким образом, общее осмотическое давление при 37° составляет $6,7 + 0,9 = 7,6$ атмосферы.

Повышение температуры кипения.— Вода под атмосферным давлением закипает при температуре 100°C . Добавление растворенного вещества, раствор которого не проводит электричество, такого как сахар, вызывает повышение температуры кипения пропорционально молекулярной концентрации этого растворенного вещества.

Снижение натяжения пара.— Натяжение пара жидкости снижается при добавлении растворенного вещества. Жидкость кипит при температуре, при которой напряжение ее паров равно напряжению атмосферы. Поскольку водный раствор сахара при атмосферном давлении не начинает кипеть при 100°C , очевидно, что в этом случае напряжение его паров

меньше, чем в атмосфере. Добавление растворенного вещества, такого как сахар, раствор которого не ионизируется и, следовательно, не проводит электричество, снижает натяжение паров раствора пропорционально молекулярной концентрации растворенного вещества.

Соответствующие значения.—Таким образом, мы обнаружили пять свойств раствора, которые изменяются пропорционально, так что на основе измерения любого из них мы можем определить соответствующие значения всех остальных. Это—

1. Молекулярная концентрация.
2. Осмотическое давление.
3. Уменьшение натяжения пара.
4. Повышение температуры кипения.
5. Понижение температуры замерзания.

Криоскопия.—Обычным методом, используемым для определения молекулярной концентрации и осмотического давления раствора, является криоскопия — измерение температуры его застывания. Используется очень чувствительный термометр, шкала которого простирается всего на 5° и делится на сотые доли градуса. Исследуемую жидкость помещают в пробирку, в которую погружают колбу термометра, и она устанавливается во вторую пробирку с воздушным пространством вокруг нее. Затем все это подвешивается к нижней стороне крышки холодильного сосуда, который может быть охлажден либо путем заполнения его замораживающей смесью, либо путем испарения эфира. В течение всего процесса жидкость перемешивается механической мешалкой. Первым шагом является определение точки замерзания дистиллированной воды. По мере остывания воды ртуть постепенно опускается в стержне термометра, пока не достигнет точки ниже нулевой отметки при 0°C . Как только начинает образовываться лед, ртуть поднимается, сначала быстро, затем медленнее, достигает максимума и, наконец, снова опускается. Это максимальное значение является истинной точкой замерзания. Затем внутреннюю пробирку опорожняют, соблюдая осторожность, чтобы оставить несколько мелких кристаллов льда, которые послужат центрами застывания для последующего эксперимента, что позволит избежать переохлаждения раствора. Затем процесс повторяется с исследуемым раствором. Разница между двумя точками замерзания представляет собой требуемое "понижение точки замерзания".

Криоскопия - метод, наиболее часто используемый в биологических исследованиях для определения концентрации молекул. Однако у него есть некоторые серьезные недостатки. Для этого требуется несколько кубических сантиметров исследуемой жидкости. Это дает нам константы раствора при температуре замерзания, которая намного ниже температуры жизни. Органические жидкости легко изменяются и чрезвычайно чувствительны к незначительным перепадам температур, поэтому криоскопия не дает нам никакой информации о составе растворов в нормальных условиях. Желательно иметь какой-либо другой метод определения молекулярной концентрации и других взаимозависимых констант при нормальной температуре жизни. Гораздо лучшим методом, если бы это было возможно, было бы прямое определение натяжения паров растворов при нормальных условиях температуры и давления.

Снижение температуры замерзания на молекулярном уровне.—Для каждого вещества, раствор которого не ионизирован и, следовательно, не проводит электричество, снижение точки замерзания одинаково, а именно на $1,85^{\circ}\text{C}$. для каждого грамма-молекулы растворенного вещества на литр раствора.

Определение молекулярной концентрации.—Чтобы получить молекулярную концентрацию неионизируемого вещества, нам нужно только определить понижение точки замерзания. Пусть A - понижение точки замерзания любого раствора. Разделив его на 1,85 (снижение температуры замерзания для нормального раствора), мы получаем количество граммовых молекул в литре раствора. Если n - количество граммовых молекул на литр, то $n = A / 1,85$.

Определение осмотического давления.—Осмотическое давление P раствора может быть получено путем умножения его молекулярной концентрации n на 22,35 атмосфер. $P = n \times 22,35 = A / 1,85 \times 22,35$.

Определение молекулярной массы.— Снижение температуры замерзания также позволяет нам рассчитать молекулярную массу любого неионизируемого растворенного вещества. Таким образом, Бушар смог определить с помощью криоскопии среднюю молекулярную массу веществ, выводимых с мочой. В литре воды растворяется масса x вещества, и наблюдается снижение точки замерзания. Полученное таким образом значение, разделенное на 1,85, дает нам n , количество граммовых молекул на литр. Молекулярная масса M может быть определена путем деления исходной массы x на n .

Изучение осмотического давления было начато аббатом Нолле; и один из его учеников, Паррот, в свое время так описал его важность: "Это сила, аналогичная во всех отношениях механическим силам, сила, способная приводить материю в движение или действовать как статическая сила, создающая давление. Именно эта сила вызывает циркуляцию разнородной материи в жидкостях, которые служат ее проводником. Именно эта сила производит те действия, которые ускользают от нашего внимания из-за их незначительности и сбивают нас с толку своими результатами. Для бесконечно малых частиц материи это то же самое, что гравитация для тяжелых масс. Она может перемещать вещество в растворе вверх против силы тяжести так же легко, как вниз или в горизонтальном направлении".

Таким образом, признание того факта, что вещество в растворе на самом деле является газом, одним махом открыло нам законы осмотического давления — законы, медленно и кропотливо открытые в ходе длинной серии исследований давления газов.

Осмотическое давление играет важнейшую роль на жизненной арене. Оно проявляется во всех явлениях жизни. Когда осмотическое давление падает, сама жизнь прекращается.

ГЛАВА III

РАСТВОРЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Решения, проводящие электричество. Законы растворения, которые мы изучали в предыдущей главе, применимы только к тем растворам, главным образом органического происхождения, которые не проводят электричество. Растворы электролитов, таких как обычные соли, кислоты и основания, которые ионизируются в растворе, дают значения различных констант раствора, которые не соответствуют тем, которые требуются теорией. Если, например, мы возьмем грамм-молекулу электролита, такого как хлорид натрия, и растворим его в литре воды, мы обнаружим, что снижение температуры замерзания почти вдвое превышает теоретическое значение 1,85 °. То же самое справедливо и для осмотического давления, и для всех констант, которые пропорциональны молекулярной концентрации растворенного вещества. В каждом случае раствор ведет себя так, как если бы он содержал более одного грамма молекулы хлорида натрия на литр. Фактически, он ведет

себя так, как если бы в нем содержалось в i раз больше количества молекул растворенного вещества, первоначально введенного в него. Если n - исходное количество молекул, то, по-видимому, оно будет содержать $n' = v$ молекул. Этот закон универсален для всех растворов электролитов; теоретическое значение их концентрации, осмотического давления и всех пропорциональных физических констант должно быть умножено на эту величину, $i = n' / n$, которая представляет собой отношение видимого количества присутствующих молекул к количеству, введенному изначально.

Аналогичная диссоциация молекулы наблюдается в случае многих газов. Пары хлористого аммония, например, разлагаются при нагревании, и можно экспериментально показать, что повышение давления при нагревании выше того, которого требует теория, происходит из-за увеличения числа присутствующих газообразных молекул. Некоторые частицы пара диссоциируют на два или более фрагмента, каждый из которых играет роль отдельной молекулы.

Аррениус в 1885 году выдвинул гипотезу о том, что кажущееся увеличение числа молекул в растворе электролита также связано с диссоциацией. Эта интерпретация сразу же пролила поток света на ряд явлений, до сих пор малоизвестных.

Коэффициент диссоциации.—Мы видели, что для получения значений, согласующихся с экспериментом, мы должны умножить количество граммовых молекул растворенного вещества на коэффициент i , который называется коэффициентом диссоциации.

Этот коэффициент диссоциации, i , можно найти, наблюдая за понижением температуры замерзания нормального раствора и разделив его на 1,85. $i = t / 1,85$.

Коэффициент диссоциации изменяется в зависимости от степени концентрации раствора, достигая максимума при достаточном разбавлении раствора.

Если мы знаем i , коэффициент диссоциации для данного растворенного вещества, содержащегося в растворе определенной концентрации, мы можем найти n' , количество частиц, присутствующих в растворе, содержащем n грамм-молекул растворенного вещества на литр, поскольку $n' = v$. С другой стороны, если из рассмотрения температуры замерзания и других констант мы обнаружим, что раствор электролита, по-видимому, содержит n' граммовых молекул на литр, реальное количество химических граммовых молекул в одном литре раствора будет составлять всего $n' / i = n$.

Очень концентрированные растворы не соответствуют этим законам. В этом они напоминают газы, которые по мере приближения к точке конденсации все меньше и меньше соответствуют законам давления газов.

Электролиз.—Если мы возьмем раствор кислоты, соли или основания и опустим в него два металлических стержня, один из которых соединен с положительным, а другой - с отрицательным полюсом батареи, мы обнаружим, что металлы или металлические радикалы раствора высвобождаются на отрицательном полюсе, в то время как кислотные радикалы солей и кислот и гидроксил оснований высвобождаются на положительном полюсе. Высвобожденные вещества могут либо выводиться в неизменном виде, либо вступать в новые комбинации, вызывая серию вторичных реакций.

Электролиты.—Растворы, проводящие электричество, называются электролитами, а проводящие металлические стержни, погружаемые в раствор, являются электродами. Фарадей дал названия ионов атомам или атомным группам, высвобождающимся на любом

электроре. Ионы, высвобождающиеся на положительном электроде, являются анионами, а ионы, высвобождаемые на отрицательном электроде, являются катионами. Единственными растворами, которые обладают сколько-нибудь заметной степенью электропроводности, являются водные растворы различных солей, кислот и оснований, и только в этих растворах мы встречаемся с теми явлениями диссоциации, которые проявляются аномалиями осмотического давления, температуры замерзания и т.п. — аномалиями, которые показывают, что раствор содержит большее количество молекул, чем указано его молекулярной концентрацией. Эти аномалии обусловлены диссоциацией, разделением некоторых молекул на фрагменты, каждый из которых играет роль отдельной молекулы, внося свой вклад в осмотическое натяжение и давление паров раствора, фактически во все явления, которые зависят от степени молекулярной концентрации. Таким образом, доказано, что электропроводность раствора зависит от его молекулярной диссоциации.

Теория электролиза Аррениуса.—В 1885 году Аррениус выдвинул свою теорию переноса электричества электролитом. Согласно этой гипотезе, электрический ток переносится ионами, положительные заряды - катионами, а отрицательные - анионами. В силу притяжения между зарядами разного знака и отталкивания между зарядами одинакового знака катионы отталкиваются положительным зарядом на аноде и притягиваются отрицательным зарядом на катоде. Аналогично анионы отталкиваются катодом и притягиваются анодом.

Электролитический раствор содержит три разновидности частиц: положительные ионы или катионы, отрицательные ионы или анионы и недиссоциированные нейтральные молекулы. Молекулярная концентрация такого раствора с соответствующими константами зависит от общего количества этих частиц, т.е. суммы ионов и недиссоциированных нейтральных молекул. Мы можем обозначить ион, поместив над ним знак его электрического заряда, по одному знаку для каждой валентности. Таким образом, Na^+ и Cl^- обозначают два иона раствора соли; Cu^{++} и PO_4^{--} два иона раствора сульфата меди. Точка иногда заменяется знаком "+", а запятая - знаком "-". Таким образом, Na^+ и Cl^- ; Cu^{++} и PO_4^{--} .

Мой друг доктор Льюис Джонс дал очень яркую картину процессов, происходящих в растворе электролита при прохождении электрического тока. Он сравнивает электролизер с бальным залом, в котором кружатся несколько танцующих пар, представляющих нейтральные молекулы, и несколько изолированных леди и джентльменов, представляющих анионы и катионы соответственно. Если мы предположим, что зеркало находится в одном конце бального зала, а буфет - в другом, то дамы постепенно соберутся вокруг зеркала, а джентльмены - вокруг буфета. Более того, танцующие пары будут постепенно разделяться, чтобы следовать этому движению.

Степень диссоциации.—Степень диссоциации - это доля молекул в растворе, которые подверглись диссоциации. Пусть n - общее количество молекул растворенного вещества, а n'' - количество диссоциированных молекул. Тогда $n'' / n = a$ будет представлять степень диссоциации. Пусть k - количество ионов, на которые расщепляется каждая молекула. Тогда $a = n''k / nk$, т.е. степень диссоциации равна отношению числа ионов, фактически присутствующих в растворе, к числу, которое присутствовало бы, если бы все молекулы растворенного вещества были диссоциированы.

Пусть n' - общее количество частиц, присутствующих в растворе, содержащем n молекул, каждая из которых состоит из ионов k . Тогда, если a - степень диссоциации,

$$n' = n - an + ank,$$

$$n' = n[1 + a(k - 1)],$$

$$n' / n = 1 + a(k - 1) = i.$$

Таким образом, мы получаем i коэффициент диссоциации в терминах степени диссоциации a и количества ионов в каждой молекуле k .

Если диссоциации нет, т.е. если $a = 0$, то $n' = n$, и $i = 1$. Если все молекулы диссоциированы, то $a = 1$, а $i = k$.

Закон Фарадея.—Фарадей обнаружил, что количество электричества, необходимое для высвобождения одного грамма молекулы любого радикала, составляет 96,537 кулона на каждую валентность радикала.

Электрохимический эквивалент.—Электрохимический эквивалент радикала - это масса, высвобождаемая одним кулоном электричества. Он равен молекулярной массе иона, деленной на 96,537 его валентности.

Электролитическая проводимость.—Проводимость электролита обратно пропорциональна его сопротивлению. $C = 1/R$.

При заданной разности потенциалов проводимость электролита пропорциональна количеству ионов в единице объема, электрическому заряду каждого иона и скорости движения ионов.

Удельная проводимость Δ электролита равна проводимости куба раствора, каждая грань которого имеет площадь в один квадратный сантиметр. **Молекулярная проводимость** электролита - это проводимость раствора, содержащего один грамм молекулы вещества, помещенного между двумя параллельными проводящими пластинами на расстоянии одного сантиметра друг от друга. Молекулярная проводимость не зависит от объема, занимаемого граммовой молекулой растворенного вещества, и зависит только от степени диссоциации. Молекулярная проводимость U равна произведению V , объема молекулы, на Δ , ее удельную проводимость. $U = V\Delta$. Откуда $\Delta = U / V$, т.е. удельная проводимость равна молекулярной проводимости, деленной на объем.

Проводимость электролита пропорциональна количеству ионов в объеме раствора, содержащего одну граммовую молекулу. Пусть M_∞ - проводимость для полной диссоциации, а M_v - молекулярная проводимость в объеме V . Тогда

$$M_v / M_\infty = n''k / nk = n'' / n = a,$$

степень диссоциации. Это закон Оствальда, который гласит, что степень диссоциации равна отношению проводимости, когда граммовая молекула занимает объем V , к ее проводимости, когда раствор настолько разбавлен, что диссоциация завершена. Следовательно, степень диссоциации также может быть определена путем сравнения электропроводности двух растворов разной степени концентрации.

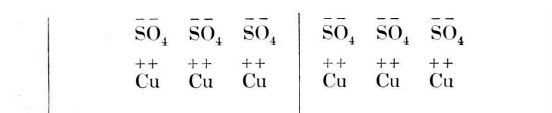


Рис. 1.- Перед прохождением тока.

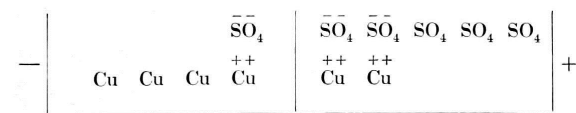


Рис. 2.- После прохождения тока.

Скорость ионов.—Если электролизер разделить на два сегмента с помощью пористой диафрагмы, то через некоторое время мы обнаружим неравномерное распределение растворенного вещества по двум сторонам. Например, в случае с раствором сульфата меди после прохождения тока в течение некоторого времени концентрация жидкости по обе стороны диафрагмы будет уменьшаться, но потери будут распределены очень неравномерно. Две трети потери концентрации приходится на сторону отрицательного электрода и только одна треть - на положительную сторону. В 1853 году Хитторф дал следующее остроумное объяснение этому явлению:

На рис. 1 представлен электролитический сосуд, содержащий раствор сульфата меди, вертикальная линия указывает на пористую перегородку, разделяющую сосуд на две части. Рис. 2 показан тот же сосуд после прохождения тока. Кислотный радикал перемещался в два раза быстрее, чем металл. На каждый ион меди, прошедший через пористую пластину к катоду, приходится два кислотных радикала, прошедших через нее к аноду. На каждом электроде высвобождается по три иона, но вследствие разницы скоростей, с которыми перемещаются положительные и отрицательные ионы, отрицательная сторона сосуда содержит только одну молекулу сульфата меди и потеряла две трети своей молекулярной концентрации, в то время как положительная сторона содержит две молекулы сульфата меди и потеряла только одну треть своей концентрации. Это ясно доказывает, что ионы движутся в разных направлениях с разной скоростью. Пусть u - скорость анионов, а v - скорость катионов. Пусть n - потеря концентрации на катоде, а $1 - n$ - потеря концентрации на аноде. Тогда

$$u / v = n / (1 - n),$$

т.е. потеря концентрации на катоде равна потере концентрации на аноде, поскольку скорость анионов равна скорости катионов. Следовательно, измеряя потерю концентрации на двух электродах, мы получаем простой способ определения сравнительной скорости различных ионов.

В 1876 году Кольрауш сравнил электропроводность хлоридов, бромидов и йодидов калия, натрия и аммония соответственно. Он обнаружил, что изменение катиона не влияет на различия в проводимости между тремя солями, показывая таким образом, что эти различия в проводимости зависят только от природы аниона, а не от конкретного основания, с которым он был соединен. Разница в электропроводности между йодидом и бромидом, например, одинакова независимо от того, сравниваются ли соли калия, натрия или аммония. Аналогичный эксперимент был проведен с серией катионов в сочетании с различными анионами. Разница проводимости солей в ряду одинакова, независимо от того, какой анион используется, *т.е.* Разница проводимости между хлоридом калия и хлоридом натрия такая же, как между бромидом калия и бромидом натрия. Следовательно, мы можем заключить, что проводимость любой соли является ионным свойством.

Закон Кольрауша можно выразить формулой $s = d(u + v)$, где s - проводимость соли, d - степень диссоциации, *т.е.* доля электролита, распавшегося на ионы, а u и v - скорости

анионов и катионов соответственно. Когда все молекулы электролита диссоциированы, $d = 1$, и формула становится $c_{\infty} = u + v$.

Как мы уже видели, соль образуется в результате соединения металла M с кислотным радикалом R . Сульфат калия, K_2SO_4 , состоит из металла K_2 и кислотного радикала SO_4 . Хлорид аммония, NH_4Cl , состоит из основного радикала NH_4 и кислотного радикала Cl . Различные кислоты можно рассматривать как соли металлического водорода. Таким образом, серная кислота, H_2SO_4 , является сульфатом водорода. Основания можно рассматривать как соли с гидроксильной группой OH , замещающей кислотный радикал. Таким образом, поташ, KOH , является гидроксидом калия. Различные электролитические комбинации могут быть представлены следующими символами:—

Соли = МИСТЕР

Кислоты = ч.

Основания = MOH .

Все различные химические реакции электролита являются ионными реакциями, при этом химическая активность раствора электролита пропорциональна его электропроводности, *т.е.* степени диссоциации его ионов. Кислотность электролитического раствора обусловлена присутствием диссоциированного иона H^+ , а его сила определяется концентрацией этих свободных ионов водорода. Следовательно, чем выше степень диссоциации, тем сильнее кислота.

Основной характер раствора определяется присутствием гидроксильного радикала OH^- . Чем больше концентрация гидроксильных ионов, *т.е.* чем сильнее диссоциация, тем сильнее основание.

Ионы H^+ и OH^- имеют особое значение, поскольку они являются ионами воды, $H_2O = H^+ + OH^-$. Степень диссоциации чистой воды невелика. Вода, однако, является наиболее важным из всех различных агентов химических реакций жизни, поскольку большое количество органических веществ разлагается водой в процессе гидролиза, и огромное количество органических веществ представляют собой всего лишь комбинации углерода с ионами H^+ и OH^- , их разнообразие обусловлено различиями в относительных пропорциях и группировке.

Химическое, терапевтическое и токсическое действие ионов.— Химическое, терапевтическое, антисептическое и токсическое действие растворов электролитов почти исключительно обусловлено ионизацией. Возьмем, к примеру, раствор нитрата серебра, в котором при добавлении хлора образуется белый осадок хлорида серебра. Этот осадок образуется только при добавлении раствора, такого как $NaCl$, где хлор присутствует в виде свободного иона Cl^- . Такой осадок не образуется в растворе хлората калия или хлоруксусной кислоты, где хлор связан с комплексным ионом ClO_3 или $C_2H_3ClO_2$.

Поскольку токсические и фармакологические свойства электролита полностью зависят от ионной группировки, врачу и биологу надлежит изучать структуру и группировку ионов в молекуле, а не атомов. Рассмотрим на мгновение совершенно разные свойства фосфидов и фосфатсодержащих соединений. Первые чрезвычайно токсичны, в то время как вторые совершенно безвредны. Нет ни малейшей аналогии между их действием на живой организм. С другой стороны, все фосфиды оказывают одинаковое токсическое и терапевтическое действие, независимо от катиона, с которым они соединены. Их токсичные свойства обусловлены присутствием свободного иона фосфора P^{3-} . Фосфаты содержат фосфор в той

же пропорции, что и фосфиды, но этот фосфор безвредно связан с комплексным ионом PO_4^{3-} , свойства которого абсолютно отличаются от свойств иона P^{3-} .

Приведенные выше соображения в равной степени применимы к хлоридам и хлоратам, иодидам и иодаткам, сульфидам и сульфататкам и вообще ко всем химическим солям.

Этот вопрос имеет непосредственное отношение к практической фармакологии. Когда мы назначаем какодилат или амиларсинат, мы не назначаем лечение мышьяком, действие которого можно сравнить с действием арсенида, арсенита или арсената. На этот факт в достаточной степени указывает разница в токсических дозах различных солей. Каждая разновидность иона мышьяка обладает своими особыми физиологическими и терапевтическими свойствами. Мы не ожидаем получения результатов лечения железом от введения ферроцианида или феррицианидной группы. Оба содержат железо, это правда, но ни один из них не обладает свойствами катиона Fe^{++} , а скорее свойствами комплексного аниона, частью которого они являются.

Мы уже говорили, что большая часть терапевтического, токсического и едкого действия электролита обусловлена ионным действием, и поэтому вещества не могут оказывать токсического действия, если они не диссоциированы. Многие растворители, используемые в медицине, такие как спирт, глицерин, вазелин и хлороформ, растворяют электролиты, но не расщепляют их на ионы, и поэтому эти растворы не проводят электричество. Такие растворы не оказывают терапевтического действия. При отсутствии диссоциации все ионные токсические и едкие эффекты также полностью исчезают и появляются вновь только по мере того, как вода в ткани способна медленно осуществлять необходимую диссоциацию.

Карболовая кислота, растворенная в глицерине, почти не имеет едкости, но очень слабо токсична. Мы встречались с несколькими случаями, когда столовая ложка карболизованного глицерина в равных частях проглатывалась без какого-либо вредного воздействия, будь то едкого или токсичного, в то время как та же доза, растворенная в воде, была бы смертельной. Это отсутствие диссоциации позволило хирургу Менсьеру ввести карболовую кислоту и глицерин в равных пропорциях в более крупные суставы, после чего часть была промыта чистым спиртом. Таким образом, используя вазелин, масло или глицерин в качестве растворителя и избегая доступа воды, мы можем использовать электролитические антисептики в очень концентрированной форме. Их действие проявляется очень медленно, поскольку вода в организме вызывает необходимую диссоциацию электролита.

Поскольку все химические, токсические и терапевтические действия являются ионными, они пропорциональны степени концентрации ионов, *т.е.* количеству ионов в данном объеме. Единственным важным моментом, определяющим их активность, будь то химическую или терапевтическую, является степень ионизации или диссоциации. Например, все кислоты имеют один и тот же катион H^+ . Все они обладают идентичными свойствами, но сильно различаются по интенсивности своего действия. Существуют слабые кислоты, такие как уксусная кислота, и сильные кислоты, такие как серная кислота. Более сильными кислотами являются те, которые более тщательно диссоциированы и в которых ион H^+ очень концентрирован; тогда как слабые кислоты диссоциированы лишь слегка, так что ион H^+ менее концентрирован.,,,

Пауль и Крониг показали, что бактерицидное действие различных солей также зависит от степени их диссоциации, *т.е.* от концентрации активных ионов. Они провели серию

наблюдений за бактерицидным действием различных солей ртути - бихлорида, бибромида и бицианида - на споры *Bacillus anthracis*. Следующие результаты были получены в результате сравнения растворов, содержащих 1 грамм-молекулу соли в 64 литрах воды. С раствором бихлорида после воздействия раствора в течение двадцати минут развилось только 7 колоний бациллы. После воздействия аналогичного раствора бибромида количество колоний составило 34. Таким образом, антисептическое действие бихлорида было в пять раз выше, чем у бибромида. Однако бицианид ртути, даже в четырехкратной концентрации, позволял расти огромному количеству колоний, показывая, что он вообще не оказывает заметного антисептического действия. Тем не менее, доля Hg одинакова во всех растворах, и если бы была какая-либо разница, естественно было бы ожидать, что ион Су был бы более токсичным, чем Cl⁻ или Br⁻. Реальное условие, которое варьируется в этих растворах и определяет их активность, - это степень диссоциации. Все антисептические свойства присущи иону Hg⁺. Этот ион очень концентрирован в сильно диссоциированном растворе HgCl₂, менее концентрирован в менее ионизированном растворе HgBr₂ и чрезвычайно разбавлен в HgСу₂, который вообще практически не ионизируется.

То, что верно в отношении бактерицидного действия солей ртути, в равной степени верно и в отношении их терапевтического эффекта. Большой ошибкой является оценка лекарственной активности раствора соли ртути или любого другого электролитического раствора просто по степени его молекулярной концентрации. Важным моментом является степень диссоциации, которая является единственным верным показателем ее активности. При внутримышечном введении солей ртути ни в коем случае не безразлично, какую соль мы используем. Следует использовать такую соль, как бихлорид или биниодид, которые легко диссоциируются. Часто используются другие соли, потому что они вызывают меньшую боль в месте инъекции; но боль является признаком степени активности препарата. Боли, это правда, можно избежать, используя соль, которая менее легко диссоциируется или в которой ртуть связана комплексным ионом, но, поступая таким образом, мы снижаем эффективность лекарства. Более того, довольно легко уменьшить или даже полностью подавить боль, используя очень разбавленный раствор активной ионизированной соли. Полпроцента. или даже четверть процента. раствор бихлорида или биниодида ртути можно вводить очень медленно в достаточном количестве, не вызывая ни малейшего дискомфорта. Местное действие полностью зависит от концентрации иона. Одна капля чистой серной кислоты разрушит кожу, в то время как такое же количество, разведенное в большом стакане воды, даст освежающий напиток.

ГЛАВА IV

КОЛЛОИДЫ

Как мы уже видели, живые организмы состоят в основном из жидкостей. Эти жидкости представляют собой растворы кристаллизующихся веществ или кристаллоидов, а также некристаллизующихся веществ или коллоидов - классификацией, которой мы обязаны Грэму.

Жидкости являются наиболее важными составляющими живого организма, поскольку в них сосредоточены все химические и физические явления жизни. Соединение двух жидкостей разной концентрации является ареной, на которой происходит как химическая трансформация вещества, так и соответствующая трансформация энергии. В предыдущей главе мы рассмотрели класс кристаллоидов, а теперь обратим наше внимание на характерные свойства коллоидов.

Коллоиды.—Коллоиды отличаются от кристаллоидов тем, что они не образуют кристаллы из раствора, будучи полностью аморфными в твердом состоянии. Раствор коллоида затвердевает в той же форме, которую он имел в жидком состоянии, при этом растворитель заключен в ячейки своего рода сетки, образованной растворенным веществом. Эта форма приблизительно сохраняется даже после испарения воды в результате сушки, при этом переход из жидкого состояния раствора в твердое осуществляется через ряд промежуточных состояний, таких как сгусток, коагулянт или желе. Этот переход из состояния раствора в состояние желе называется коагуляцией. Некоторые коллоиды, такие как желатин, коагулируют при охлаждении; в то время как другие, такие как яичный альбумин, коагулируют при нагревании. Некоторые из них, такие как казеин в молоке, требуют добавления определенных химических веществ для запуска свертывания; в то время как другие, такие как фибрин в крови, по-видимому, свертываются самопроизвольно. Физические явления коагуляции до сих пор мало изучены. В некоторых случаях это обратимое явление, таким образом, желатин, коагулированный холодом, повторно растворяется при нагревании; тогда как с другими коллоидами процесс необратим, альбумин, коагулированный при нагревании, повторно не растворяется при охлаждении.

Коллоиды в состоянии коагуляции имеют вакуолярную или губчатую структуру. Растворитель удерживается в вакуолях сгустка и постепенно выводится при его вытягивании. Коллоиды, рассеянные в воде, обычно называют коллоидными растворами, но они не являются настоящими растворами. Такой псевдоразтвор коллоида называется "золем", в то время как коллоид в состоянии коагуляции называется "гелем". Коллоидные растворы распространяются незначительно, очень медленно диффундируют в жидкостях организма и не могут проникать через органические мембраны.

Коллоидные растворы рассеивают свет, в отличие от кристаллоидных растворов, которые прозрачны. Все мы знаем, как траектория луча солнечного света в затемненной комнате становится видимой благодаря частицам пыли. Точно так же, если коллоидный раствор освещается поперечным лучом света, свет рассеивается молекулами коллоида в полуразтворе, и жидкость кажется слабо подсвеченной на темном фоне. Свет, рассеиваемый коллоидным раствором, поляризован, что показывает, что это отраженный свет,

Зидентопф и Сигмонди применили этот принцип бокового освещения на темном фоне к конструкции ультрамикроскопа. С помощью этого прибора мы можем не только видеть, но и подсчитывать частицы в коллоидном растворе, который на самом деле является всего лишь псевдоразтвором или суспензией, в отличие от истинного раствора кристаллоида.

Коллоидные растворы обладают лишь очень слабым осмотическим давлением. Снижение точки замерзания и других соответствующих констант также весьма незначительно. Это связано с тем, что молекулы коллоида чрезвычайно велики по сравнению с молекулами кристаллоида. Для примера возьмем коллоидное вещество, молекулярная масса которого равна 2000. Раствор, содержащий 40 граммов на литр, будет иметь осмотическое давление,

составляющее лишь одну пятидесятую от осмотического давления раствора кристаллоида аналогичной плотности, молекулярная масса которого составляла 40.

Не только это, но и при измерении молекулярной концентрации, осмотического давления и других констант коллоидного раствора мы обнаруживаем значения, даже более низкие, чем те, которые мы должны были бы ожидать с учетом его молекулярной массы. Вероятно, это связано со склонностью коллоида к полимеризации, то есть к образованию групп или ассоциаций молекул. Предположим, например, что молекулы коллоидного раствора объединены в группы по десять. Поскольку каждая группа играет роль простой молекулы, осмотическое давление будет в десять раз меньше, чем то, которое соответствует количеству присутствующего растворенного вещества. Наэгели назвал такую группу молекул "мицеллой".

Аналогичные явления агрегации можно наблюдать в молекулах многих неорганических веществ. Молекула йода, например, является одноатомной при 1200°C , но становится двухатомной при обычной температуре. Сера при температуре 860°C представляет собой газ с плотностью пара 2,2, в то время как при 500°C ее плотность пара возрастает до 6,6. В обоих этих случаях две или более молекул элемента конденсировались в одну в результате понижения температуры.

Мы часто обнаруживаем, что при двух последовательных криоскопических наблюдениях температура замерзания одного и того же коллоидного раствора будет отличаться. Это связано с чрезвычайной чувствительностью мицелл, которые поглощают или выбрасывают лишние молекулы при малейшем воздействии. Эта подвижность в строении мицелл, по-видимому, является одной из основных причин особых свойств коллоидных растворов.

Явление полимеризации, по-видимому, обратимо. Мицеллы образуются при определенных условиях и распадаются, когда эти условия устраняются. Осмотическое давление изменяется таким же образом, уменьшаясь при полимеризации и увеличиваясь при распаде мицелл. Нетрудно понять, какую важную роль играет эта попеременная полимеризация и дезинтеграция в явлениях жизни.

Большинство коллоидных веществ осаждаются из своих растворов добавлением очень небольших количеств электролитических растворов. Неэлектролитные растворы, по-видимому, не вызывают такого выпадения осадков. Это не химическое действие, поскольку чрезвычайно небольшое количество электролита способно осаждать неопределенное количество коллоида. Осаждение, вероятно, происходит из-за электрических зарядов, переносимых диссоциированными ионами электролитов.

Когда электрический ток пропускают через коллоидный раствор, движение молекул коллоида иногда направлено к катоду, а иногда к аноду, в зависимости от природы коллоида и растворителя. Это смещение, по-видимому, указывает на разницу электрических потенциалов между молекулами коллоида и молекулами растворителя. Харди показал, что в щелочном растворе молекулы альбумина движутся к аноду, в то время как в кислотном растворе они движутся к катоду.

Металлические коллоиды.—Кэри Ли и впоследствии Креде преуспели в получении серебра в коллоидном растворе обычными химическими средствами. Профессор Бредиг представил более общий метод получения ряда металлов в коллоидных растворах в состоянии высокой чистоты. Он заставляет электрическую дугу проходить между двумя металлическими стержнями, погруженными в дистиллированную воду. Таким образом, катод измельчается в

очень мелкий порошок, который остается во взвешенном состоянии в жидкости, образуя коллоидный раствор. Бредиг таким образом приготовил золи платины, палладия, иридия, серебра и кадмия.

Каталитические свойства коллоидов.—Катализ - это свойство, которым обладают определенные тела, инициировать химическую реакцию. Масса катализирующего вещества не имеет определенной пропорции к массе веществ, вступающих в реакцию, и внешний вид катализатора никоим образом не изменяется в результате реакции.

Оствальд показал, что катализ по существу заключается в ускорении или замедлении химических реакций, которые протекали бы без действия катализатора, но более медленно.

Каталитических реакций в химии очень много. Инверсия сахара кислотами, этеризация спирта серной кислотой, разложение перекиси водорода платиновой сажой - все это примеры катализа. Ферментация с помощью растворимого фермента или диастазы, явление, которое можно почти назвать жизненно важным, также является каталитическим действием. Действие пепсина, фермента поджелудочной железы, зимазы и других подобных ферментов имеет большую аналогию с чисто физическим явлением катализа. Все диастазы состоят из коллоидов, как и многие другие катализаторы.

Катализатор - это стимул, который вызывает преобразование энергии. Катализатор играет в химическом превращении ту же роль, что и минимальная возбуждающая сила, которая высвобождает накопление потенциальной энергии, предшествующее ее преобразованию в кинетическую энергию. Катализатор - это трение спички, которое высвобождает химическую энергию порохового погребца.

Бредиг изучал каталитическое разложение перекиси водорода металлическими коллоидами, полученными его электрическим методом. Он обнаружил, что 1 атом-грамм коллоидной платины дает ощутимый каталитический эффект при разбавлении 70 миллионами литров воды. Каустическая сода и другие химические вещества подавляют каталитическое действие коллоидной платины точно так же, как они подавляют ферментирующее действие диастазы. Кривую разложения перекиси водорода коллоидной платиной можно сравнить с кривой ферментации эмульсином. Добавление щелочи в равной степени влияет на то и другое. Многие другие химические и физические агенты оказывают аналогичное ингибирующее действие на катализ коллоидных металлов и на диастазное брожение. Таким образом, простой след сероводорода или синильной кислоты парализует действие коллоидного металла точно так же, как это происходит с ферментом. Это то, что Бредиг называет отравлением металлическими ферментами.

Мы можем надеяться, что дальнейшее изучение катализа, чисто физико-химического явления, сможет пролить больше света на механизм диастазного брожения, которое, по сути, является жизненно важной реакцией.

Не следует забывать, что любая классификация является искусственной и произвольной и должна использоваться только до тех пор, пока она облегчает изучение. Это наблюдение особенно применимо к классификации веществ на кристаллоиды и коллоиды. Резкой границы между двумя группами нет, переход постепенный, и невозможно сказать, где заканчивается одна группа и начинается другая. Многие коллоиды, такие как гемоглобин, поддаются кристаллизации, и многие кристаллизующиеся вещества поддаются коагуляции. Многие вещества находятся в одно время в кристаллоидном состоянии, а в другое время - в коллоидном, так что вместо разделения веществ на коллоиды и кристаллоиды нам следует

скорее рассматривать эти выражения как обозначающие разные фазы, присущие одному и тому же веществу.

Чтобы четко определить наши различные классы и подразделения, мы склонны преувеличивать незначительные различия в свойствах или составе. Мы говорим, что у коллоидов нет осмотического давления, тогда как на самом деле осмотическое давление коллоидов, хотя и слабое, играет очень важную роль в явлениях жизни.

Так и в других областях науки — фактор, который почти бесконечно мал, все же может оказывать огромное влияние на результаты. Благодаря бесконечно малым изменениям давления, на тысячную долю миллиметра или меньше, мы получаем различные степени проникновения рентгеновских лучей.

Разделение на растворы и псевдорастворы или суспензии также является произвольным. Истинный раствор - это также суспензия молекул растворенного вещества. Между раствором и суспензией нет существенной разницы, а есть только разница в размере молекул или скоплений молекул, в одном случае настолько маленьких, что они прозрачны, а в другом случае достаточно больших, чтобы рассеивать свет. Кроме того, существует множество свойств, общих для коллоидных растворов и суспензий тонкодисперсных порошков, таких как каолин, мастика, древесный уголь или индийские чернила. Эти частицы в суспензии осаждаются растворами электролитов способом, аналогичным коагуляции коллоидов.

Поверхность каждой жидкости покрыта очень тонким слоем, своего рода мембраной, слегка отличающейся от остальной жидкости. Эта мембрана может быть химической, в виде пленочного осадка, подобного тому, который образуется при контакте двух мембраногенных жидкостей. С другой стороны, мембрана может отличаться от окружающей жидкости не химическим составом, а только физическими свойствами. Если мы рассмотрим молекулы в середине жидкости, то каждая молекула подвергается когезионному притяжению молекул со всех сторон, притяжениям, которые нейтрализуют друг друга. Однако на поверхности жидкости существуют совершенно другие условия равновесия. Там каждая молекула притягивается вниз, к центру жидкости, и нет компенсирующего притяжения в противоположном направлении. Результирующее давление перпендикулярно поверхности жидкости и механически эквивалентно эластичной мембране, которая имеет тенденцию уменьшать поверхность и, следовательно, объем жидкости. Следовательно, мы можем рассматривать это поверхностное натяжение как действующую часть настоящей физической мембраны.

Происходит еще большая дифференциация поверхности жидкости. Когда жидкость является не простой, а сложной, как в растворе, мы обнаруживаем, что концентрация растворенного вещества выше на поверхности, чем внутри. Это так называемое явление "адсорбции", которое является еще одной причиной образования физической мембраны, покрывающей поверхность жидкости.

Вещества в коллоидном состоянии имеют большую тенденцию образовывать эти химические или физические мембраны в точке контакта между коллоидным растворенным веществом и растворителем. Вероятно, это причина, по которой коагулянт коллоидной жидкости обычно имеет вакуольную или губчатую структуру.

ГЛАВА V

ДИФФУЗИЯ И ОСМОС

Диффузия и осмос.—Если мы положим кусочек сахара на дно стакана с водой, он растворится и постепенно равномерно распределится по всему объему жидкости. Если мы нальем концентрированный раствор сульфата меди на дно стеклянного сосуда и осторожно нальем на него слой чистой воды, жидкости, поначалу резко разделенные из-за разницы в плотности, постепенно смешаются, образуя раствор, имеющий совершенно одинаковый состав во всех частях сосуда. Процесс, при котором сахар и сульфат меди равномерно распределяются по всей массе жидкости вопреки силе тяжести, называется диффузией. Эта диффузия растворенного вещества представляет собой явление, в точности аналогичное расширению газа. Это выражение осмотического давления, или, скорее, разницы осмотического давления растворенного вещества в разных частях сосуда. Молекулы растворенного вещества перемещаются из места, где осмотическое давление выше, в положение, где осмотическое давление меньше. С другой стороны, молекулы воды перемещаются из положений, где осмотическое давление растворенного вещества меньше, в положения, где оно выше. В результате этой двойной циркуляции осмотическое давление имеет тенденцию выравниваться во всех частях сосуда.

Диффузия, по-видимому, является фундаментальным физическим явлением жизни. Это постоянно происходит в тканях всех живых существ, и поэтому изучение законов диффузии и осмоса абсолютно необходимо для правильного понимания жизненных явлений.

Коэффициент диффузии.—Коэффициент диффузии был определен Фиком как количество растворенного вещества, которое за одну секунду проходит каждый квадратный сантиметр поперечного сечения столба жидкости длиной 1 сантиметр, между противоположными сторонами которого разница концентраций составляет единицу. Нернст в своем определении заменяет "единичную разницу осмотического давления" на "единичную разницу концентраций".

До недавнего времени считалось, что диффузия в коллоидах и плазме происходит так же, как в чистой воде. Однако это ни в коем случае не так: различия значительны. Когда растворенное вещество вводят в коллоидный раствор, чем больше концентрация коллоида, тем медленнее будет происходить диффузия. Это может быть показано простым экспериментом. Готовят несколько стеклянных пластин, нанося на каждую раствор желатина разной концентрации, к которому добавляют несколько капель фенолфталеина. Если теперь каплю щелочного раствора поместить на каждую пластинку, мы увидим, что капля медленнее диффундирует через более концентрированный раствор желатина, поскольку присутствие щелочи становится видимым по окраске фенолфталеина. Аналогичную демонстрацию можно провести, позволив каплям кислоты диффундировать через растворы желатина, слегка щелочные и окрашенные фенолфталеином. В общем, в эксперименте мы обнаружили, что когда одинаковые капли любого красителя или красящего раствора оставляют на одинаковое время на пластинах с желатином разной степени концентрации, то чем больше концентрация желатина, тем меньше получается круг окрашивания.

Мы можем показать, что скорость диффузии уменьшается с увеличением концентрации желатина, с помощью другого эксперимента. Если мы поместим рядом на нашу желатиновую пластинку каплю сульфата меди и другую каплю ферроцианида калия, точка соприкосновения двух жидкостей будет четко обозначена линией осадка. Мы обнаружили, что при аналогичных условиях время между высеванием капель и образованием этой полосы осадка увеличивается, когда желатин более концентрированный.

Осмоз.— В 1748 году аббат Нолле обнаружил, что, когда наполненный спиртом мочевого пузырь свины опускали в воду, вода поступала в мочевой пузырь быстрее, чем выходил спирт; мочевой пузырь раздувался, внутреннее давление повышалось, и жидкость вытекала наружу, когда мочевой пузырь прокалывали булавкой. Это прохождение определенных веществ в растворе через мембрану животного называется осмосом, а мембраны, которые проявляют это свойство, называются осмотическими мембранами.

Осажденные мембраны.—В 1867 году Траубе из Бреслау обнаружил, что осмотические мембраны могут быть изготовлены искусственно. Определенные химические осадки, такие как ферроцианид меди, могут образовывать мембраны, обладающие свойствами, аналогичными свойствам осмотических мембран. С этими осажденными мембранами Траубе провел ряд интересных экспериментов. Недавно они были собраны в том его воспоминаний, опубликованном его сыном.

Осмотические мембраны.—Осмотические мембраны ранее назывались полупроницаемыми мембранами, поскольку рассматривались как мембраны, которые позволяют воде проходить через них, но препятствуют прохождению растворенного вещества. Это определение неточно, поскольку ни одна мембрана, проницаемая для воды, не является абсолютно непроницаемой для растворенных веществ. Все, что мы можем сказать, это то, что некоторые мембраны более проницаемы для воды, чем для веществ в растворе, и, более того, они очень неодинаково проницаемы для различных веществ в растворе. Как правило, мембрана гораздо более проницаема для растворенного вещества, молекула которого имеет небольшие размеры. Молекулы соли, например, проходят через такую мембрану гораздо быстрее, чем молекулы сахара. Следовательно, термин "осмотическая мембрана" должен во всех случаях заменять термин "полупроницаемая мембрана".

Осмотические мембраны ведут себя точно так же, как коллоиды. Сопротивление, которое они оказывают проникновению различных веществ, зависит от природы рассматриваемой жидкости или растворенного вещества. Нет никакой реальной разницы между прохождением раствора через осмотическую мембрану и его диффузией через коллоид. Протоплазма живого организма, являясь коллоидом, действует точно так же, как осмотическая мембрана, в том, что касается распределения растворов и веществ в растворе.

Диффузия молекул через коллоид, плазму или мембрану регулируется законами, в точности аналогичными закону Ома, который управляет переносом электричества. Интенсивность или скорость диффузии пропорциональна разнице осмотического давления и изменяется обратно пропорционально сопротивлению.

Однако в случае молекулярной диффузии скорость диффузии зависит также от размера и природы молекул диффундирующего вещества. Теория сопротивления различных плазм и мембран диффузии изучена недостаточно; мы едва ли можем найти какие-либо ссылки на нее в литературе по данному вопросу.

Законы диффузии в равной степени применимы и к диффузии ионов. Нернст показал, что существует разница электрических потенциалов на поверхности контакта двух растворов электролитов разной степени концентрации. Как положительные, так и отрицательные ионы из более концентрированного раствора переходят в менее концентрированный раствор, но ионы одного знака будут проходить быстрее, чем ионы другого знака, потому что, будучи меньшего размера, они встречают меньшее сопротивление.

Сопротивление среды играет наиболее важную роль во всех явлениях диффузии. Когда два раствора разной концентрации вступают в контакт, происходящий обмен молекулами и ионами неодинаков из-за различий в сопротивлении. Следовательно, оба раствора изменяются не только по концентрации, но и по составу. Давно известно, что диффузия может вызывать разложение определенных легко разлагаемых веществ, и представляется вероятным, что диффузия также способна образовывать новые химические соединения.

Разделение высвобождающихся ионов вследствие неодинакового сопротивления, с которым они сталкиваются в среде, через которую они проходят, часто определяет химическую реакцию. Это ионное разделение является благоприятным фактором химической трансформации в живом организме и может быть определяющей причиной в тех химических реакциях, которые составляют феномен питания.

При соприкосновении различных жидкостей возникают две различные серии явлений, обусловленных осмотическим давлением и различиями в химическом составе. Даже при использовании изотонических растворов будет происходить перенос растворенных веществ, если они имеют разный химический состав. Возьмем, к примеру, два изотонических раствора: один из соли, а другой из сахара. Когда они вступают в контакт, вода не переходит из одного раствора в другой, но происходит перенос растворенных веществ. В солевом растворе осмотическое давление сахара равно нулю. Следовательно, разница в осмотическом давлении сахара в двух растворах приведет к диффузии молекул сахара в солевой раствор. По той же причине соль будет диффундировать в сахарный раствор.

Игнорирование того факта, что растворенное вещество всегда будет переходить из раствора с высоким осмотическим давлением в раствор с низким, является частым источником ошибок. Таким образом, считается противоречащим законам осмоса, что растворенные вещества должны переходить из крови с ее низким осмотическим давлением в мочу, где общее осмотическое давление выше; тем более что в результате обмена осмотическое давление мочи еще больше повышается. Утверждается, что такой обмен противоречит обычным законам физики и, следовательно, может быть осуществлен только с помощью какого-либо оккультного витального действия. Это, однако, не факт, что доказано экспериментом.

Рассмотрим нерастяжимую осмотическую ячейку, содержащую раствор сахара, стенки которой непроницаемы для сахара, но проницаемы для соли. Погрузим такую ячейку в раствор соли, который имеет более низкое осмотическое давление, чем раствор сахара. Поскольку стенки ячейки нерастяжимы, количество воды в ячейке не может увеличиться. Соль, однако, попадет в клетку, поскольку осмотическое давление соли снаружи больше, чем внутри, а стенки проницаемы для молекул соли. Это прохождение будет продолжаться до тех пор, пока осмотическое давление соли не сравняется внутри и снаружи ячейки; в то же время общее осмотическое давление внутри ячейки увеличится, несмотря на то, что изначально оно было больше, чем осмотическое давление снаружи.

Плазмолиз.—Все мы знаем, что срезанный цветок вскоре засыхает и увядает. Однако, когда мы помещаем сморщенный цветок в воду, сжатая протоплазма снова набухает и наполняет клетки, которые становятся набухшими, и цветок возрождается. Это явление связано с тем, что растительная протоплазма удерживает в растворе такие вещества, как сахара и соли, которые имеют высокое осмотическое давление. Следовательно, вода имеет тенденцию проникать через клеточные стенки растений, растягивать клетки и делать их набухшими. Де Фриз использовал это явление для измерения осмотического напряжения. Он использует для этой цели набухшие клетки растения *Традесканция обесцвеченная*. Клетки помещают под микроскоп и орошают раствором нитрата соды. При постепенном увеличении концентрации раствора наступает момент, когда видно, что протоплазматическая масса сокращается и отделяется от стенок клетки. Это явление, известное как плазмолиз, происходит в тот момент, когда раствор нитрата соды начинает выделять воду из протоплазматического сока, т.е. когда осмотическое напряжение нитрата соды становится больше, чем у протоплазматической жидкости. Пока осмотическое натяжение содового раствора меньше, чем у протоплазмы, вода будет стремиться проникать через клеточную стенку и набухать протоплазму. Когда осмотическое напряжение раствора, омывающего клетку, идентично осмотическому напряжению клеточного сока, объем протоплазмы не изменяется. Таким образом, мы можем определить осмотическое давление любого раствора. Нам нужно только разбавить раствор до тех пор, пока он не перестанет воздействовать на протоплазму растительных клеток. Поскольку осмотическое натяжение этой протоплазмы известно, мы можем легко рассчитать осмотическое натяжение раствора исходя из требуемой степени разбавления.

Эритроциты как показатели изотонии.—В 1886 году Гамбургер показал, что самые слабые растворы различных веществ, которые позволили бы отложению красных кровяных телец, не будучи достаточно разбавленными для растворения гемоглобина, были изотоничны друг другу, а также сыворотке крови и содержимому кровяных телец. Это разработанный Гамбургером метод определения осмотического натяжения жидкости. Крепость разбавленного раствора постепенно увеличивается до тех пор, пока при добавлении к нему капли крови кровяные тельца просто не выпадут в осадок, а гемоглобин не растворится.

Хематокрит.—В 1891 году Хедин изобрел прибор для определения влияния различных растворов на красные кровяные тельца. Этот инструмент, гематокрит, представляет собой градуированную пипетку, предназначенную для измерения объема шариков, отделенных центрифугированием от заданного объема крови под воздействием жидкости, осмотическое давление которой необходимо измерить. Метод основан на принципе, согласно которому растворы, изотонические по отношению к кровяным тельцам и сыворотке крови, не изменяют объем кровяных телец, тогда как гипертонические растворы уменьшают этот объем.

Действие растворов разной степени концентрации на живые клетки.— Мы только что видели, что живая клетка, будь то растительная или животная, не изменяется в объеме при погружении в изотонический раствор, который не оказывает на нее химического воздействия. При погружении в гипертонический раствор он втягивается; в слегка гипотоническом растворе он впитывает воду и набухает, в то время как в очень гипотоническом растворе он набухает и лопается. В гипертоническом растворе эритроциты втягиваются и падают на дно стакана, причем скорость, с которой они осаждаются, зависит от степени втягивания. В гипотоническом растворе они набухают и лопаются, гемоглобин растворяется в жидкости и окрашивает ее в красный цвет. Это явление гематолиза. По словам Гамбургера, сыворотка крови может быть значительно разбавлена водой перед

началом гематолиза. Экспериментируя с кровью лягушки, он обнаружил, что шарики оставались неизменными по размеру и форме при орошении раствором соли, содержащим 0,64% соли, причем этот раствор был изотоническим с сывороткой крови лягушки. С другой стороны, они не начинали терять свой гемоглобин до тех пор, пока доля соли не была снижена до менее 0,22%. Таким образом, лягушачью сыворотку можно разбавить 200% воды перед проведением гематолиза. У млекопитающих кровяные тельца остаются неизменными в солевом растворе, составляющем около 0,9%, и начинают терять свой гемоглобин примерно на 0,6% раствор. Раствор 0,9%. Следовательно, NaCl является изотоническим по отношению к содержащему красных кровяных телец, сыворотке крови и клеткам тканей. Она отнюдь не вытекает, что клетки крови и тканей проходят без изменений при орошении с 0,9 процентов. раствор хлорида натрия. Они не теряют и не набирают воду, это правда, и они сохраняют свой объем и удельный вес. Но они претерпевают химические изменения в результате обмена своих электролитов с электролитами раствора. Гамбургер указал, что у млекопитающих форма красных кровяных телец изменяется во всех жидкостях, кроме сыворотки крови; даже в лимфе того же животного наблюдается уменьшение длинного диаметра и увеличение более короткого, в то время как вогнутые диски становятся более сферическими.

Все клетки живого организма чрезвычайно чувствительны к незначительным перепадам осмотического давления — клетки эпителиальной ткани и нервной системы, а также клетки крови. Например, введение слишком концентрированного физиологического раствора в полость носа вызовет ринит и разрушит окончания обонятельных нервов. С другой стороны, чистая вода сама по себе является едким веществом. В Гаштайне, в Тироле, есть источник, который называют ядовитым источником, "Дар-Бруннен". Вода этого источника почти абсолютно чиста, следовательно, она имеет тенденцию к растяжению и разрыву клеток эпителия пищеварительного тракта и, таким образом, вызывает вредные эффекты, которые дали ей такое название. Обычная питьевая вода никогда не бывает чистой, она содержит в виде раствора соли из почвы и газы из атмосферы. Они создают в ней осмотическое давление, которое предотвращает вредное воздействие сильно гипотонической жидкости. Во время хирургической операции в первую очередь важно не травмировать живые поверхности, заливая их сильно гипертоническими или гипотоническими растворами. Эта предосторожность становится еще более важной, когда инородные жидкости вступают в контакт с нежными клетками больших поверхностей серозных оболочек. Садоводы хорошо осведомлены о вредном влиянии низкого осмотического давления. Они поливают почву вокруг корней растения, чтобы вода могла поглотить некоторые соли из почвы, прежде чем они будут поглощены растением. Чистая вода, вылитая на сердцевину нежного растения, может разрушить его клетки из-за низкого осмотического давления. С другой стороны, во многих медицинских и хирургических целях низкое осмотическое давление является преимуществом. Таким образом, для удаления сухих корок экземы и импетиго наиболее эффективным применением является компресс из ваты, смоченной в теплой дистиллированной воде. Под воздействием такого гипотонического раствора сухие клетки быстро набухают, лопаются и растворяются.

Приготовление пищи также в значительной степени зависит от осмотического давления. Если в воду, в которой варится картофель и другие овощи, положить соль, запускается осмос, и поток воды проходит от овощных клеток к соленой воде. Клеточная ткань овоща сжимается и высыхает, а мембраны становятся слипшимися, овощ теряет в весе и становится трудным для переваривания из-за своей твердой и воскообразной консистенции, которая препятствует действию пищеварительных соков. Овощи должны

быть сварены в мягкой воде, а после варки их следует посолить. При такой обработке картофель впитывает воду, клетки набухают, кожица лопается, крупинки крахмала также набухают и лопаются, а мякоть становится более рыхлой. Таким образом, пищеварительный сок способен быстро проникать в различные части овоща, и пищеварение облегчается. Любой может легко убедиться на собственном опыте, что картофель, сваренный в соленой воде, уменьшается в весе, в то время как при варке в мягкой воде его вес увеличивается.

Метод криоскопии также оказывает значительную помощь в судебной медицине. Как показал Каррара, криоскопия крови является важным подспорьем в решении вопроса о том, было ли тело, найденное в воде, брошено в нее до или после смерти. В первом случае концентрация в крови будет значительно снижена. В некоторых экспериментах на собаках криоскопическое исследование крови показало температуру замерзания -6°C . Затем собаку топили, когда температура замерзания крови в левом желудочке повышалась до $-0,29^{\circ}\text{C}$, а в правом желудочке - до $-0,42^{\circ}\text{C}$. С другой стороны, когда собаку убивали перед тем, как бросить в воду, осмотическое давление крови практически не снижалось даже после 72-часового погружения. В случае с людьми или животными, утонувшими в морской воде, наблюдается аналогичное изменение точки застывания, но в обратном направлении. В этом случае осмотическое давление значительно повышается у тех, кто утонул, тогда как у тех, кто был выброшен в море после смерти, такого повышения не наблюдается.

Циркуляция сока в растениях и деревьях также в значительной степени обусловлена осмотическим давлением. Всасывание воды из почвы происходит за внутриклеточного осмотического давления в корнях, которое заставляет сок подниматься в стебле растения, как это было бы в трубке манометра. Зная осмотическое давление внутриклеточной жидкости корней, мы можем рассчитать высоту, на которую может подниматься сок в стволе дерева, *т.е.* максимальную высоту, до которой дерево может вырасти. Предположим, например, плазмы корешков осмотическим давлением в шесть атмосфер, что соответствует, что на 9 процентов. раствор сахара. Давление в шесть атмосфер равно весу водяного столба высотой $6 \times 0,76 \times 13,596 = 61,95$ метра. Таким образом, это максимальная высота, на которую это осмотическое давление способно поднять сок. То есть дерево, корешки которого содержат 9-процентный раствор сахара. концентрация или ее эквивалент может достигать высоты 62 метра.

Криоскопия также широко используется в практической медицине, особенно для исследования мочи. Температура замерзания мочи варьируется от $-1,26^{\circ}\text{C}$ до $-2,35^{\circ}\text{C}$. Коряни изучил отношение точки застывания мочи к точке застывания раствора, содержащего равное количество хлорида натрия. Он обнаружил, что соотношение (температура замерзания мочи) / (температура замерзания NaCl) увеличивается, когда кровообращение по канальцам почек уменьшается.

Ханс Кеппе показал, что соляная кислота желудочного сока вырабатывается в результате осмотического обмена между кровью и желудочным содержимым. Ион Na^+ соли в содержимом желудка обменивается с ионом H^+ одноосновных солей крови, $\text{NaHCO}_3 + \text{NaCl} = \text{HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$.

Влияние мышечного сокращения на внутримышечное осмотическое давление.—Когда мышцу погружают в изотонический раствор соли, ее вес не изменяется. В гипертоническом растворе он теряет вес вследствие потери воды, которая переходит из мышцы в раствор для выравнивания осмотического давления. Он набирает вес в гипотоническом растворе, при этом ток воды стремится к точке более высокой концентрации. Таким образом, легко

определить, является ли осмотическое давление в мышце выше или ниже осмотического давления данного раствора, наблюдая, набирает или теряет вес мышца при погружении в него. Таким образом, мы можем измерить осмотическое давление в мышце, найдя солевой раствор, в котором мышца не набирает и не теряет вес. Таким образом, мы смогли доказать, что осмотическое давление уставшей мышцы выше, чем у нормальной. Наши эксперименты проводились на мышцах лягушек. После извлечения сердцевины из лягушки удаляют одну из задних лапок одним взмахом ножниц. С лапки снимают кожу, высушивают промокательной бумагой и взвешивают. Затем его помещают в солевой раствор, температура замерзания которого составляет -0.53°C . При 15°C такой раствор имеет осмотическое давление 6,6 атмосфер. Затем мы переходим к определению осмотического давления соответствующей ноги после того, как она устала от мышечной работы. Для этого ее стимулируют прерывистым фарадическим током, проходящим один раз в секунду в течение пяти минут. Затем с голени снимают кожу, высушивают, взвешивают и помещают в тот же солевой раствор. После восьмичасового погружения голени снова взвешивают. Ниже приведены результаты шести экспериментов, цифры представляют доли исходного веса:—

Изменение веса нетренированной ноги—

Через 8 часов -0.000.

Через 16 часов -0.000.

Через 24 часа -0.006.

Изменение веса стимулируемой ноги—

Через 8 часов +0.050.

Через 16 часов +0.080.

Через 24 часа +0.101.

Этот результат показывает, что мышечная работа, спровоцированная электрической стимуляцией, заметно повышает осмотическое давление мышцы.

Чтобы определить точное осмотическое давление в стимулируемых мышцах, мы повторили серию экспериментов, используя все более концентрированные растворы. В растворе, температура замерзания которого составляла -0.57° , мы получили следующие значения:—

Изменение веса нетренированной ноги—

Через 8 часов -0.000.

Через 16 часов -0.004.

Через 24 часа -0.006.

Изменение веса стимулируемой ноги—

Через 8 часов +.039.

Через 16 часов +.072.

Через 24 часа +.099.

Наконец, в растворе, замерзающем при температуре -0.72° , т.е. при осмотическом давлении при 15°C , равном 9,176 атмосфер, мы получили следующие средние значения для необработанной ножки:—

Через 8 часов -.04.

Через 16 часов -.05.

Через 24 часа -.06.

В этом растворе, замороженном при температуре -0.72°C , у некоторых стимулированных мышц не наблюдалось уменьшения веса, в то время как у других наблюдалось очень небольшое уменьшение, а у других снова небольшое увеличение, максимальное увеличение составило 0,085 от исходного веса. Таким образом, раствор практически изотоничен для стимулируемой мышцы.

В этом случае повышение внутримышечного осмотического давления, вызванное электрическим возбуждением и мышечными сокращениями, составило, следовательно, 2,5 атмосферы, или более 2,6 килограмма на квадратный сантиметр поверхности.

Я провел дальнейшие эксперименты, чтобы выяснить, зависит ли изменение осмотического давления от продолжительности мышечного сокращения. Для этой цели я использовал раствор, замерзающий при температуре -0.53°C , и погрузил в него утомленные мышцы и мышцы, которые были электрически возбуждены в течение двух, четырех и шести минут соответственно. Ниже приведены результаты:—

Мышцы без
усталости.

Мышцы стимулируются один раз в секунду в течение

	2 минут.	4 Минуты.	6 Минут.
.000	+.026	+.084	+.094
+.094	+.001	+.034	+.065
+.093	+.005	+.045	+.079

+0.097	.000	+0.095	.000
+0.032	+0.072	+0.096	Среднее значение по всем наблюдениям—.075
+0.0012	+0.0348	+0.074	+0.095

Эти эксперименты ясно показывают, что осмотическое внутримышечное давление повышается пропорционально продолжительности электрической стимуляции.

Чтобы определить влияние работы, выполняемой мышцей, на повышение осмотического давления, я провел следующий эксперимент. Две задние лапки лягушки подвергались одинаковому электрическому возбуждению, при этом одна нога оставалась свободной, а другая растягивалась стограммовым грузом, действующим с помощью шнура и блока. После возбуждения электрическим током в течение пяти минут ноги погружали на двадцать четыре часа в физиологический раствор, замерзающий при температуре $0,53^{\circ}\text{C}$. Свободная конечность показала увеличение на 0,085 от исходного веса, а вытянутая конечность - на 0,106 от исходного веса. Таким образом, очевидно, что осмотическое давление увеличивается с увеличением объема работы, выполняемой мышцей.

Итак, вкратце, результаты наших экспериментов таковы:—

1. Электрически произведенное мышечное сокращение вызывает повышение осмотического давления в мышце.
2. Внутримышечное осмотическое давление может достигать или даже превышать 2,5 атмосферы, или 2,6 килограмма на квадратный сантиметр поверхности.
3. Когда мышцу заставляют сокращаться один раз в секунду, повышение осмотического давления увеличивается с увеличением количества сокращений.
4. Внутримышечное осмотическое давление увеличивается по мере работы мышцы.
5. Усталость вызывается повышением осмотического давления в сокращающейся мышце.



Рис. 3.- Поля рассеивающей силы.

(a) Монополярное поле диффузии. Капля крови в физиологическом растворе более высокой концентрации.

(b) Биполярное поле рассеяния. Два полюса противоположных знаков. Справа крупинка соли, образующая гипертонический полюс концентрации, слева капля крови, образующая гипотонический полюс разбавления.

Поле диффузии.— Точно так же, как Фарадей ввел концепцию поля магнитной силы и поля электрической силы для объяснения магнитных и электрических явлений, мы можем

объяснить явления диффузии с помощью концепции поля диффузии с центрами или полюсами диффузионной силы. Если мы рассматриваем раствор как поле диффузии, то любую точку, где концентрация больше, чем у остальных, можно рассматривать как центр силы, притягивающий молекулы воды и отталкивающий молекулы растворенного вещества. Точно так же любая точка с меньшей концентрацией может рассматриваться как центр притяжения молекул растворенного вещества и центр отталкивания молекул воды.

Поле диффузии может быть монополярным или биполярным. Биполярное поле имеет гипертонический полюс или центр концентрации и гипотонический полюс или центр разрежения. По аналогии с магнитным и электрическим полями мы можем обозначить гипертонический полюс как положительный полюс диффузии, а гипотонический - как отрицательный полюс.

Положительный и отрицательный полюсы и силовые линии в поле диффузии можно проиллюстрировать следующим экспериментом. Тонкий слой соленой воды наносится на абсолютно горизонтальную стеклянную пластину. Если теперь мы возьмем каплю крови или туши и осторожно опустим ее в середину солевого раствора, мы обнаружим, что окрашенные частицы будут перемещаться вдоль линий диффузионной силы и, таким образом, создадим для нас монополярное поле диффузии, как показано на рис. 3 а. Опять же, если мы поместим две одинаковые капли рядом в солевой раствор, их линии диффузии будут отталкиваться друг от друга, как показано на рис. 4.

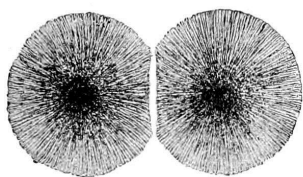


Рис. 4.— Две капли крови в более концентрированном растворе, показывающие поле диффузии между двумя полюсами одного знака.

Теперь давайте добавим в раствор одну каплю меньшей концентрации, а другую - большей, чем в растворе. Линии диффузии будут проходить от одной капли к другой, расходясь от центра одной капли и сходясь к центру другой (рис. 3 б). Таким образом, мы можем получить диффузионные поля, аналогичные магнитным полям между полюсами одного знака и полюсами противоположных знаков.

Концепция полюсов диффузии имеет величайшее значение в биологии, проливая свет на ряд явлений, таких как кариокинез, которые до сих пор считались загадочными по своей природе. Это также позволяет нам оценить роль диффузии во многих других биологических явлениях. Рассмотрим, например, центр анаболизма в живом организме. Здесь молекулы живой протоплазмы находятся в процессе конструирования, более простые молекулы объединяются и выстраиваются в более крупные и сложные группы. В результате этой агрегации количество молекул в данной области уменьшается, т.е. Концентрация и осмотическое давление падают, создавая гипотонический центр диффузии. Таким образом, мы можем рассматривать каждый центр анаболизма как отрицательный полюс диффузии.

Рассмотрим, с другой стороны, центр катаболизма, где молекулы распадаются на фрагменты или более мелкие группы. Концентрация раствора увеличивается, осмотическое давление повышается, и мы имеем гипертонический центр диффузии. Следовательно, каждый центр катаболизма является положительным полюсом диффузии. Аналогичные

соображения относительно образования и распада молекул при анаболизме и катаболизме применимы и к полимеризации.

Диффузионное поле обладает свойствами, аналогичными магнитному и электрическому полям. Таким образом, между полюсами одинакового знака существует отталкивание, а между полюсами разных знаков - притяжение. Простой эксперимент покажет это. Поле диффузии создается путем наливания на горизонтальную стеклянную пластину 10-процентного раствора желатина, к которому добавлено 5% соли. Когда желатин застынет, мы наносим рядом на его поверхность две капли, одну воды, а другую раствора соли с концентрацией более 5 процентов. Таким образом, мы имеем два полюса распространения противоположных признаков: гипотонический полюс у капли воды и гипертонический полюс у капли соли. Сразу же начинает происходить диффузия через желатин, капли становятся удлинненными, продвигаются навстречу друг другу, соприкасаются и соединяются. Если, напротив, две соседние капли обе более концентрированные или обе менее концентрированные, чем среда, они проявляют признаки отталкивания, как показано на рис. 4.

Диффузия не только создает токи в воде и в растворенных веществах, но также определяет движение любых частиц, которые могут находиться во взвешенном состоянии, таких как кровяные тельца, частицы туши и тому подобное. Эти частицы всасываются вместе с потоком воды, который проходит от гипотонических центров или областей к гипертоническим.

Эти соображения предполагают обширную область исследований в области биологии, патологии и терапии. Воспаление, например, характеризуется припухлостью, набуханием тканей и покраснением. Суть воспаления, по-видимому, заключается в деструктивной диссимилиации с интенсивным катаболизмом. Мы видели, что центр катаболизма - это гипертонический очаг диффузии. Следовательно, осмотическое давление в воспаленной области повышается, возникает отек, и поток воды уносит с собой кровяные шарики, которые вызывают покраснение.

Явление агглютинации, возможно, также связано с осмотическим давлением, положительным центром диффузии, притягивающим и агломерирующим частицы, находящиеся во взвешенном состоянии.

Тактизм и тропизм. Явления тактизма и тропизма также могут быть частично объяснены действием этих диффузионных потоков частиц во взвешенном состоянии, этих полярных притяжений и отталкиваний. Во всех экспериментах по этому предмету мы должны принимать во внимание возможное влияние осмотического давления, поскольку многие из причин тактизма или тропизма также изменяют осмотическое давление в точке воздействия, и вполне возможно, что это изменение является истинной причиной явления. Осмотактизм и осмотропизм еще недостаточно изучены.

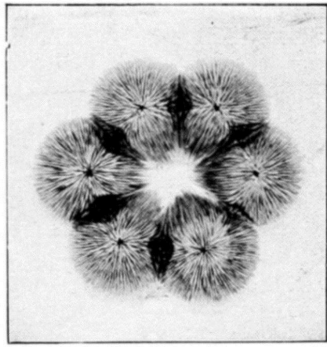


Рис. 5.- Фигуры диффузии жидкости.

Шесть отрицательных полюсов рассеяния окрашены индийскими чернилами. Положительный полюс в центре неокрашен и образован каплей раствора KNO_3 .

Таким образом, можно сказать, что осмотическое давление доминирует во всех кинетических и динамических явлениях жизни, по крайней мере, во всех тех, которые не являются чисто механическими, как движения дыхания и кровообращения. Изучение этих жизненно важных явлений значительно облегчается концепцией поля диффузии и полюсов диффузии, а также силовых линий, которые представляют собой траектории молекул растворенных веществ, а также частиц и шариков во взвешенном состоянии.

Морфогенные эффекты диффузии.—Можно провести множество интересных экспериментов, показывающих изменения силовых линий в поле диффузии и то, как жидкости, подвергающиеся только разнице осмотического давления, диффундируют и смешиваются друг с другом по определенным схемам. Когда одна жидкость диффундирует в другую, не нарушенную действием силы тяжести, она создает фигуры геометрической правильности, и таким образом мы можем получать фигуры и формы бесконечного разнообразия. Ниже приводится наш метод работы. Стеклопластина располагается абсолютно горизонтально и покрывается тонким слоем воды или физиологического раствора. Затем с помощью пипетки мы равномерно вводим в раствор несколько капель жидкости, окрашенной тушью. Удивительное разнообразие узоров и фигур может быть получено при использовании растворов различной концентрации и изменении положения капель.

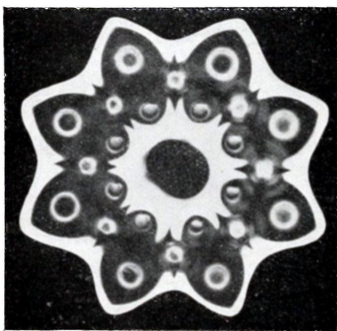


Рис. 6.Рисунок, полученный в желатине диффузией капель концентрированных растворов нитрата серебра и бромида аммония.

Вместо водного или солевого раствора мы можем нанести на тарелку 5- или 10-процентный раствор желатина, содержащий в себе различные соли. Если теперь мы нанесем на этот желатин капли различных растворов, которые придают окраску солям, содержащимся в желатине, мы можем получить формы идеальной правильности, представляющие самые

красивые цвета и контрасты. Капли, конечно, должны располагаться симметрично. Таким образом, мы можем получить бесконечное количество орнаментальных фигур.

Для того, чтобы покрыть горку фонаря размером $8\frac{1}{2} \times 10$ см, потребуется около 5 г желатина. К этому количеству желатина мы добавляем одну каплю насыщенного раствора салицилата натрия и равномерно распределяем жидкий желатин по тарелке. Когда желатин застынет, мы помещаем тарелку поверх диаграммы, например, шестиугольника, и капаем по капле раствора сульфата железа на каждый из шести углов. Капли немедленно рассеиваются по желатину, и в результате через некоторое время образуется красивая фиолетовая розетка. Желатин необходимо тщательно покрыть, чтобы предотвратить его высыхание до завершения диффузии. Затем препарат можно высушить и закрепить в виде предметного стекла для фонаря, что даст наиболее яркий эффект при выпекании. Если желатин был обработан каплей раствора ферроцианида калия вместо салицилата натрия, несколько капель FeSO_4 придадут желтоватый оттенок. Или мы можем обработать желатин смесью ферроцианида калия и салицилата натрия и, таким образом, получить промежуточный цвет при добавлении FeSO_4 . Действительно, мы можем бесконечно варьировать природу и концентрацию раствора, а также количество и положение капель. Результаты обладают всем очарованием неожиданности, что значительно повышает интерес к эксперименту.

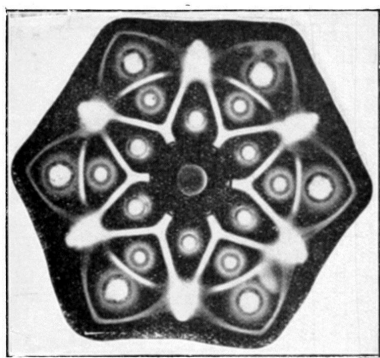


Рис. 7. Рисунок, полученный в желатине в результате диффузии капель нитрата серебра и карбоната натрия.

Эти эксперименты - не просто научная игрушка. Они показывают нам возможность, о которой мы до сих пор не подозревали, что огромное количество форм и красок природы может быть результатом диффузии. Таким образом, многие явления жизни, до сих пор столь загадочные, представляются нам всего лишь последствиями диффузии одной жидкости в другую. Нельзя не надеяться, что изучение диффузии прольет еще больший свет на этот предмет.

Если в жидкости одновременно образуется несколько сфер, каждая из которых способна к расширению и деформации, то при расширении в процессе роста они образуют многогранники. Это точная архитектура огромного количества живых организмов и тканей, которые образуются в результате объединения микроскопических многогранников или клеток. Участок такой многогранной структуры выглядел бы как ткань из многоугольников. Интересно отметить, что простой процесс диффузии приводит к образованию таких структур в условиях, тесно связанных с теми, которые управляют развитием тканей живого организма.

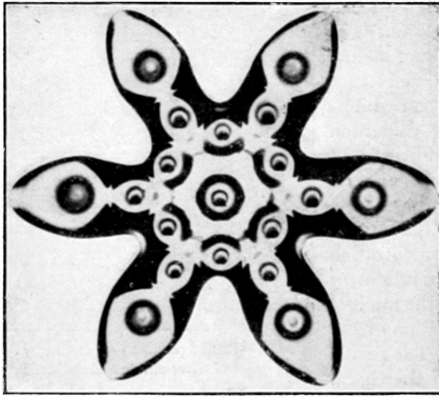


Рис. 8. Рисунок, полученный в желатине диффузией капель раствора нитрата серебра и цитрата калия.

Мы можем получить эту ячеистую структуру простым экспериментом. На стеклянную пластинку наносим 5-процентный раствор чистого желатина, и после застывания нанесите на него несколько капель 5-10-процентного раствора ферроцианида калия. Капли должны быть нанесены через равные промежутки в 5 мм. по всей пластине. Когда им дадут рассеяться и желатин высохнет, мы получим препарат, который в точности напоминает срез растительной клетчатки (рис. 9). При взаимном давлении капли образуют многоугольники, которые в разрезе выглядят как клетки с мембранозной оболочкой, ядром и цитоплазмой, которая во многих случаях полностью отделена от мембраны. Эти клетки, будучи объединены, образуют настоящую ткань, во всех отношениях подобную клеточной структуре живого организма.

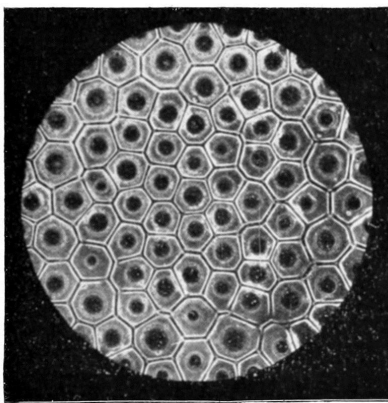


Рис. 9.— Ткань искусственных клеток, образованная диффузией в желатин капель ферроцианида калия.

В препарате с изображением искусственных клеток ячеистая структура не видна непосредственно до тех пор, пока желатин не высохнет. Человек видит только студенистую массу, аналогичную протоплазме живого организма. Тем не менее, эта масса организована или, по крайней мере, находится в процессе организации, как мы можем видеть по преломлению, когда ее изображение проецируется на экран.

Во время образования клеток и до тех пор, пока существует какая-либо разница в концентрации желатина, каждая клетка является ареной активного молекулярного движения. Как и в живой клетке, существует двойной ток: поток воды от периферии к центру и растворенного вещества от центра к периферии. Эта молекулярная активность —

жизнь искусственной клетки — может быть продлена за счет соответствующего питания, *т.е.* За счет постоянного восстановления потери концентрации в центре клетки.

Срок службы искусственной клетки также может быть продлен за счет поддержания вокруг нее соответствующей среды. Если мы преждевременно высушим такой препарат из искусственных клеток, молекулярные токи прекратятся, чтобы возобновиться снова, когда мы восстановим необходимую влажность препарата. Это, на мой взгляд, дает нам наиболее яркую картину условий скрытой жизни семян и многих коловраток.

Эти искусственные клетки, подобно живым организмам, существуют эволюционно. Первая стадия соответствует процессу организации, желатин представляет собой бластему, а капля - ядро. Таким образом, клетка становится организованной, образуя свою собственную цитоплазму и собственную обволакивающую мембрану.

Вторым этапом в жизни этой искусственной клетки является период, в течение которого метаболизм клетки активен и стремится выровнять концентрацию жидкости в клетке и в окружающей среде.

Третья стадия - это период упадка. Двойной молекулярный ток постепенно замедляется по мере уменьшения разницы концентраций между содержимым клетки и ее окружением. Когда это равенство концентрации становится полным, молекулярные потоки прекращаются, клетка прекращает свое существование; она мертва. Потоки вещества и энергии перестали течь — осталась только форма.

Эти искусственные клетки чувствительны к большинству воздействий, которые воздействуют на живые организмы. Подобно живым клеткам, влажность, сухость, кислотность или щелочность влияют как на их организацию, так и на их развитие. На них также сильно влияет добавление незначительных количеств химических веществ либо к студенистой бластеме, либо к каплям, представляющим собой первичные ядра. Таким образом, мы можем получить бесконечное разнообразие ядер, непрозрачных или прозрачных, с ядрышком или без него, и клеток, содержащих гомогенную цитоплазму без ядра. Мы также можем получить клетки с цитоплазмой, заполняющей всю клеточную полость или отделенной от клеточной мембраны. Мы можем получить клетки, имитирующие все естественные ткани, клетки без мембранной оболочки, клетки с толстыми стенками, прилегающими друг к другу, или клетки с широкими внутриклеточными пространствами.

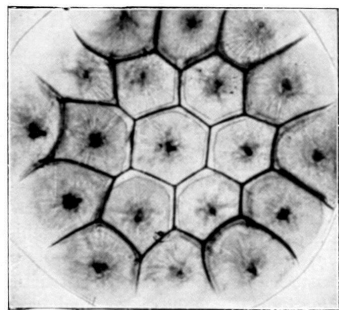


Рис. 10.- Искусственные жидкие ячейки, образованные цветными каплями концентрированного раствора соли в менее концентрированном растворе соли.

Форма этих искусственных клеток зависит от количества и взаимного расположения капель, представляющих ядра, а также от молекулярной концентрации или осмотического натяжения раствора. Количество ячеистых многогранников определяется количеством

центров диффузии. Величина двугранных углов, от которых расходятся три, а иногда и четыре стены, зависит от положения гипертонических полюсов диффузии. Кривизна поверхности определяется разницей в концентрации с обеих сторон. Между изотоническими растворами поверхность плоская, в то время как между растворами с различным осмотическим давлением она изогнута, причем выпуклость направлена в сторону гипертонического раствора.

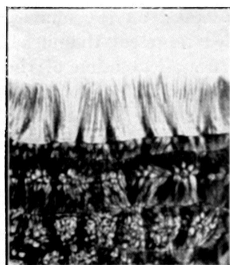


Рис. 11.— Жидкие клетки с бахромой ресничек, полученные путем посева цветных капель концентрированного раствора соли в более слабый раствор соли. Содержимое ячеек подверглось сегментации.

Время, необходимое для роста этих искусственных клеток, варьируется от двух до двадцати четырех часов, в зависимости от концентрации желатина, причем рост наиболее быстрый в разбавленных растворах.

Подобные клетки могут образовываться и в воде. Если мы нальем тонкий слой воды на горизонтальную пластинку и с помощью пипетки капнем в нее несколько капель соленой воды, окрашенной тушью, мы можем получить искусственные клетки, полностью состоящие из жидкости, имеющие те же признаки, что и в желатиновом растворе.

Путем диффузии жидкости возможно получение не только обычных клеток, но и реснитчатых. Если мы нанесем слой соленой воды на горизонтальную стеклянную пластину и нанесем на нее капли туши, искусственные клетки образуются путем диффузии. По краю препарата часто можно увидеть что-то вроде бахромы, аналогичной ресничкам живых клеток (рис. 11).

Эти ткани искусственных клеток демонстрируют тот факт, что неорганическая материя способна организовываться в формы и структуры, аналогичные таковым у живых организмов, под действием простых физических сил осмотического давления и диффузии. Созданные таким образом структуры обладают функциями, аналогичными функциям живых существ, двойным потоком распространения, эволюционным существованием и скрытой жизнеспособностью при высушивании или застывании.

ГЛАВА VI

ПЕРИОДИЧНОСТЬ

Периодические осадки.—Явление называется периодическим, когда оно изменяется во времени и пространстве и одинаково воспроизводится через равные промежутки времени. Мы окружены со всех сторон периодическими явлениями; лето и зима, день и ночь, сон и бодрствование, ритм и рифма, прилив и отток, движения дыхания и биение сердца - все это периодически. Наши первые горести были утолены периодическим покачиванием колыбели, и в наши более поздние годы периодическое покачивание кресла-качалки и гамака все еще смягчает немощи старости.

Звук - это периодическое движение атмосферы, которое приносит нам гармонию и мелодию. Свет состоит из периодических колебаний эфира, которые передают нам красоту формы и цвета. Периодические эфирные волны доносят до нас беспроводное сообщение через земное пространство и лучистую энергию солнца и звезд.

Поэтому не следует удивляться тому, что явления диффузии также являются периодическими. По словам профессора Квинке из Гейдельберга, первое упоминание о периодическом образовании химических осадков следует отнести к Рунге в 1885 году. С тех пор эти осадки изучались рядом авторов, и в частности Р. Лизегангом из Дюссельдорфа, который в 1907 году опубликовал работу на эту тему, озаглавленную *О расслоении путем диффузии*.

В 1901 году я представил Конгрессу в Аяччо ряд препаратов, имеющих форму концентрических колец, попеременно прозрачных и непрозрачных, полученных путем диффузии капли раствора ферроцианида калия в желатин, содержащий следы сульфата железа. На конгрессе в Реймсе в 1907 году я продемонстрировал результаты некоторых дальнейших экспериментов по тому же предмету.

Эти периодические осадки могут быть получены из большого количества различных химических веществ. Следующий метод является наилучшим способом демонстрации этого явления. Стекло фонаря сдвиньте тщательно очищают и укладывают ровным. Затем мы берем 5 гр.гр. в размере 10 процентов. раствор желатина и добавит к нему одну каплю концентрированного раствора арсената натрия. Горячим его наливают на стеклянную пластину, и как только оно полностью застынет, но до того, как оно успеет высохнуть, мы даем капле раствора нитрата серебра, содержащего следы азотной кислоты, упасть на него из пипетки. Капля медленно растекается в желатине, и мы, таким образом, получаем великолепные кольца периодических осадков арсената серебра, с которыми любой может легко повторить эксперименты, подробно описанные в этой главе.

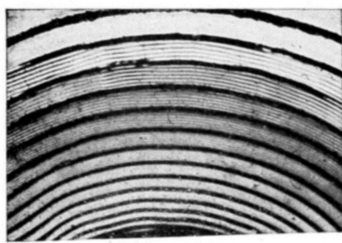


Рис. 12.-Линии диффузионного осадка, показывающие одновременное распространение "волнообразных колебаний разной длины".

Круговые волны осадков.—Волновой фронт периодических колец осадков всегда перпендикулярен лучам рассеяния. Расстояние между кольцами зависит от концентрации диффундирующего раствора. Чем больше падение концентрации, тем меньше интервал между кольцами. Каждое кольцо представляет собой эквипотенциальную линию в поле

диффузии. Эти эквипотенциальные линии распространения дают нам наилучшее и наиболее конкретное воспроизведение способа распространения периодических волн в пространстве. По сути, это видимая диаграмма распространения волн света и звука. Иногда мы можем наблюдать в желатине одновременное распространение колебаний различной длины, точно так же, как мы наблюдаем их в эфире и в воздухе. Эти диффузионные вейвлеты дают нам очень красивое представление об одновременном распространении колебаний разной длины в одной и той же среде.

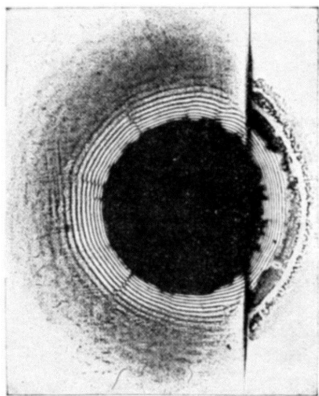


Рис. 13.— Волны диффузии, преломляющиеся на плоской поверхности при переходе из менее концентрированного раствора в более концентрированный. Преломленный волновой фронт сглажен, длина волны меньше в более плотной среде.

Подобно волнам света и звука, эти диффузионные волны преломляются, когда они переходят из одной среды в другую с другой плотностью, где они имеют другую скорость. Когда, например, волна диффузии переходит из 5-процентного раствора. раствор желатина переходит в 10-процентный. решение состоит в том, что волновой фронт замедляется, причем замедление пропорционально длине пути прохождения через более плотную среду. Следовательно, волновой фронт сглажен, а кривизна преломленной волны меньше, чем кривизна исходной волны диффузии. Обратное имеет место, когда фронт волны проходит в среду, где его скорость больше. Середина фронта волны теперь распространяется быстрее, чем фланги, и кривизна увеличивается.

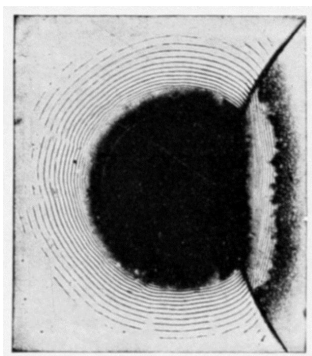


Рис. 14. Преобразование сферического волнового фронта в плоский с помощью сходящейся диоптрии.

Эти диффузионные кольца предоставляют нам самые превосходные диаграммы преломления в "диоптриях", то есть сферической поверхности, разделяющей две среды разной плотности. На рис. 14 показано преломление при сходящихся диоптриях,

т.е. поверхности, на которой более плотная среда является выпуклой. Диффузионные волны в этом случае исходят из главного фокуса диоптрий и, следовательно, становятся плоскими при прохождении через выпуклую поверхность более плотного желатина.

Эти периодические диффузионные кольца также иллюстрируют явление цветовой дифракции. Диффузионные волны разной длины волны неодинаково преломляются желатиновой линзой. Следовательно, кольца с разной длиной волны, которые, беря начало в одном и том же месте, сначала являются концентрическими, но после прохождения через желатиновую линзу больше не параллельны. Сходящаяся линза, которая преобразует длинные сферические падающие волны в более короткие плоские волны, преобразует короткие падающие волны в вогнутые волны, кривизна которых противоположна кривизне исходных волн, *т.е.* Она преобразует расходящийся луч в сходящийся. Это иллюстрация того, что называется аберрацией преломляемости.

Таким же образом мы можем продемонстрировать течение диффузионных волн через желатиновую призму, показав преломление при их падении и снова при появлении. Призма сделана из более прочного раствора желатина, который обладает большей преломляющей способностью, чем желатин вокруг него. Волны диффузии при прохождении призмы замедляются, и это замедление является наибольшим у основания, где проход длиннее. Следовательно, фронт волны наклонен к основанию призмы, и этот наклон повторяется, когда фронт волны покидает призму.

Если мы рассмотрим диффузионные волны разной длины при их выходе из желатиновой призмы, мы увидим, что они пересекаются друг с другом. При использовании плотной призмы волновой фронт более коротких волн больше наклонен к основанию, чем волновой фронт более длинных волн. Для рассеяния, как и для света, более короткие волны преломляются сильнее всего. Как преломление, так и дисперсия обусловлены неодинаковым сопротивлением среды волнообразным движениям разной периодичности.

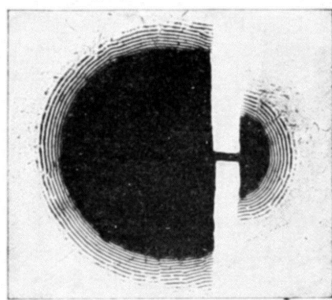


Рис. 15.-Дифракция диффузионных волн при прохождении через узкое отверстие.

Дифракция.—Когда свет проходит через крошечное отверстие, вместо того, чтобы проходить по прямой линии, он распространяется веером, образуя расходящийся световой конус, точно так же, как если бы само отверстие было светящейся точкой. Это явление дифракции, которое до сих пор считалось несовместимым с эмиссионной теорией света. Можно также заставить диффузионные волны проходить через узкое отверстие, когда они будут вести себя точно так же, как волны света. Новые волны расходятся от отверстия веером, вместо того чтобы образовывать конус волн, ограниченный линиями, проходящими по окружности отверстия и первоначальному центру излучения. Таким образом, при прохождении через небольшое отверстие диффузионные волны проявляют явление дифракции точно так же, как это делают световые волны.

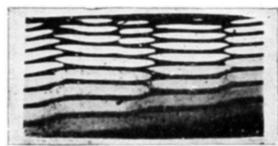


Рис. 16. Интерференция диффузионных волн.

Интерференция.—Явление интерференции также может быть проиллюстрировано волнами рассеяния. Если на желатиновой пластинке мы создадим две серии диффузионных волн из двух отдельных центров, то в определенных точках получим вид, соответствующий интерференции двух наборов световых волн. Этот внешний вид лучше всего проявляется при нанесении на желатиновую пленку прямого ряда капель, равноудаленных одна от другой. Следует отметить, что это явление образования кругов осадка, разделенных прозрачными промежутками, хотя и периодическое, не обязательно является вибрационным или волнообразным. Таким образом, представляется, что периодические явления могут распространяться в пространстве без вибрационного движения. Если мы подвергнем критическому анализу различные эксперименты, которые установили волновую теорию света, мы обнаружим, что они действительно демонстрируют периодическую природу света, но никоим образом не доказывают, что свет является колебательным движением эфира. Напротив, гипотеза о том, что свет распространяется посредством вибрационных движений, допускает множество возражений. Даже эффект Зеемана, хотя он может иметь тенденцию устанавливать тот факт, что свет создается вибрационным движением, никоим образом не доказывает, что он распространяется таким же образом. Когда была принята теория о периодическом характере прохождения света, предполагалось, что это периодическое прохождение могло носить только вибрационный или волнообразный характер, поскольку волны или вибрации были единственными периодическими явлениями, известными в то время. Теперь мы знаем, что существуют другие способы периодической передачи, которые, по-видимому, не являются волнообразными. Периодические выделения, образующиеся в результате диффузии, показывают нам распространение сферических волн в пространстве, которые следуют законам света, хотя периодическое явление, по-видимому, является излучающим, а не вибрационным.

Следует помнить, что Ньютон считал, что свет создается подобными снаряду частицами, исходящими из центра и распространяющимися по прямым линиям во всех направлениях. От этой теории излучения света отказались в пользу волновой теории Гюйгенса.

Было сказано, что явления интерференции и дифракции не могут быть объяснены теорией излучения, в то время как волновая теория давала простое объяснение. Научный ум был неспособен воспринять идею излучения и периодичности как участие в одном и том же явлении. Ученые и мыслители, которые размышляли над этим вопросом, всегда считали теорию излучения и теорию периодичности несовместимыми. Тем не менее, мы здесь присутствуем при явлении, в котором излучение и периодичность существуют одновременно. Молекулы, исходящие из нашей капли, рассеиваются по прямым лучистым линиям и, тем не менее, образуют периодические выделения, которые подвержены интерференции и дифракции, подобно колебаниям Гюйгенса.

Явления, связанные с давлением света, открытие катодных лучей и излучения радия, а также введение электронной теории электричества - все это, по-видимому, вновь

выдвинуло на первый план первоначальную концепцию Ньютона об излучательной природе света.

Некоторые явления излучения могут быть объяснены только эмиссионной теорией, а другие - волновой теорией света. Все эти трудности были бы разрешены, если бы мы приняли гипотезу о том, что излучающие тела испускают электроны, которые производят в эфире периодические волны, подобные тем, которые образуются в наших желатиновых пленках молекулами диффузии.

Эти рассеивающие пленки оказывают максимально возможную помощь при практическом обучении оптике. Они как бы представляют перед глазами учащегося рабочую модель колебаний света. При проецировании на экран они дают превосходные изображения явлений преломления, дифракции и интерференции, а также одновременного распространения колебаний различной длины волн и наглядно демонстрируют изменения длины волны в средах различной плотности.

Диффузионные волны сильно различаются по длине, варьируясь от нескольких миллиметров до 2 мкм. Многие из них еще короче, слишком короткие, чтобы их можно было различить отдельно даже при самой высокой мощности микроскопа, когда они создают эффект муара или перламутра.

Таким образом легко построить спектроскопическую решетку с тонкими линиями, расстояние между которыми составляет порядка микрона, разделенными четкими промежутками. Таким образом, каждая физическая лаборатория может изготовить свои собственные спектроскопические решетки, прямолинейные, круглые или любой желаемой формы.

Самые красивые цветовые эффекты могут быть получены с помощью этих диффузионных решеток, как мы показали на конгрессе в Реймсе в 1907 году. У нас есть значительная коллекция таких диффузионных решеток, некоторые с очень тонкими линиями, дающими очень расширенный спектр, а другие с более грубыми полосами, которые дают большое количество маленьких спектров.

Это исследование периодических выделений представляет наибольший интерес, когда мы приступаем к исследованию возникновения цвета у природных объектов, таких как крылья насекомых или оперение птиц. Многие ткани имеют такую выровненную или поперечно-полосатую структуру и проявляют интерференционные цвета, подобные цветам периодических выделений, их структура показывает чередующиеся прозрачные и непрозрачные линии, ширина которых составляет порядка микрона. Такова структура мышц, и этой исчерченной поверхности также приписываются многие из самых красивых цветов природы, блеск сухожилий и апоневрозов, пламя скарабеев и жуков, цвета павлина и переливы моллюсков и жемчужин. Изучение диффузии жидкости дало нам представление о физическом механизме, с помощью которого образуются эти поперечно-полосатые ткани, механизме, о котором до настоящего времени даже не подозревали. Наши эксперименты показывают, насколько легко такие полосатые или линейчатые структуры могут образовываться в коллоидном растворе путем простой диффузии солей, которые содержатся в каждом живом организме.

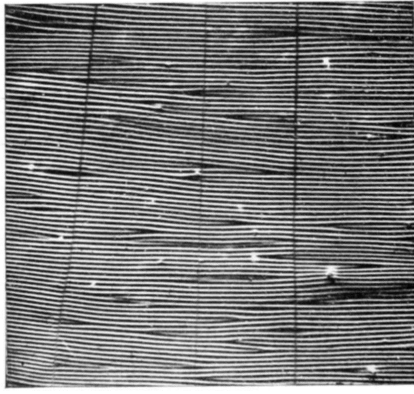


Рис. 17.— Микрофотография полосчатой структуры периодического осадка карбоната и фосфата извести (увеличена в 500 раз).

Чтобы изготовить спектроскопическую решетку методом диффузии, мы действуем следующим образом. Берем 5% от 10% растворите желатин и добавьте к нему одну каплю концентрированного раствора нитрата кальция. Мы равномерно распределяем желатин по обычной стеклянной подставке для фонарей и даем ему застыть. После того, как он застынет, но до того, как он высохнет, мы помещаем в центр предметного стекла каплю концентрированного раствора, содержащего две части карбоната натрия (Na_2CO_3) на одну часть двухосновного фосфата натрия (Na_2HPO_4). Один только трехосновный фосфат натрия без добавления карбоната также даст хорошие результаты. Если раствор фосфата нанести на желатин в виде капли, мы получим круговые периодические осадки. Если требуется сделать прямолинейную решетку, мы наносим фосфатный раствор на желатин по прямой линии с помощью двух параллельных стеклянных пластин. Таким образом, мы можем получить линии периодических осадков в количестве от 500 до 1000 на миллиметр, образующие решетки, которые дают наиболее красивые спектры.

И жемчуг, и перламутр обязаны своей переливчатости схожей линейчатой структуре, которая развита в живой ткани моллюска. По сути, это периодические осадки фосфата и карбоната извести, отложившиеся в коллоидном органическом веществе моллюска. Они имеют ту же структуру и тот же химический состав; они обладают теми же физическими свойствами, свечением, огнем и яркостью, что и наши спектроскопические решетки. В этих экспериментах мы действительно осуществили синтез жемчужины, не только химический синтез, но и синтез ее структуры и организма.

Нам удалось получить эти периодические осадки в результате реакции большого количества химических веществ, придавая им поразительное разнообразие формы и структуры. Некоторые из них напоминают форму различных организмов, особенно насекомых, как видно на рис. 18.

Все явления жизни периодичны. Движение сердца и легких, сон и бодрствование, все нервные явления имеют регулярную периодичность. Вполне возможно, что изучение этих чисто физических явлений периодических осадков может дать нам ключ к объяснению причинности ритма и периодичности у живых существ.

Помимо этого периодического выпадения осадков, по-видимому, происходят и другие химические реакции, которые носят периодический характер. Профессор Бредиг из Гейдельберга недавно описал любопытное явление, периодический катализ перекиси водорода ртутью. Он так описывает свой эксперимент: "Мы помещаем в идеально чистую пробирку несколько кубических сантиметров идеально чистой ртути. На это мы наливаем

10% ртути. раствор перекиси водорода. Ртуть быстро покрывается тонкой блестящей пленкой бронзового цвета, которая отражает свет. Затем постепенно начинается катализ перекиси водорода с выделением кислорода. Через некоторое время, от пяти до двадцати минут, выделение газа на поверхности ртути прекращается, облако, образованное пузырьками газа, исчезает, и бронзовое зеркало на поверхности ртути загорается серебряным блеском. Наступает пауза продолжительностью в одну или более секунд, а затем каталитическое действие начинается заново, начиная с краев зеркала. Облако снова формируется и снова исчезает. Это прекрасное и удивительное ритмическое явление может продолжаться с регулярными интервалами в течение часа или более".

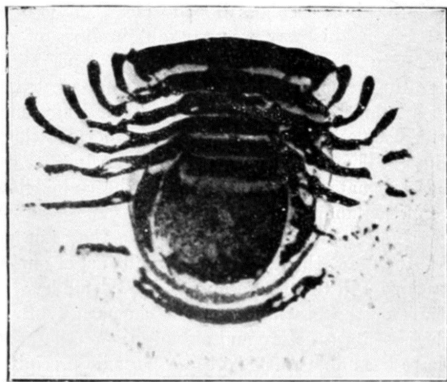


Рис. 18.— Сочлененная форма, полученная периодическим выпадением осадков.

Для начала этого явления необходима небольшая щелочность жидкости. Этим объясняется задержка в начале эксперимента, поскольку ритмичный катализ не может начаться до тех пор, пока перекись водорода немного не растворит стекло, придав ему слабощелочную форму. Однако каталитический процесс можно запустить сразу, добавив в раствор небольшое количество ацетата калия.

Мы можем даже получить кривую, дающую автоматическую запись периодичности этого каталитического действия. Для этого выделяемый кислород подается в манометр, который регистрирует на вращающемся барабане периодическое изменение давления. Полученная таким образом кривая удивительно похожа на отслеживание пульса. Частота и характер волнообразной кривой изменяются под воздействием физических и химических воздействий. Подобно кровообращению или дыханию, периодический катализ имеет свои яды и проявляет признаки переутомления и паралича от холода.

Ритмический катализ Bredig создает электрический ток между ртутью и водой, точно такой же, как при ритмичном сокращении сердца, и этот ток может быть зарегистрирован аналогичным образом с помощью гальванометра Эйнтховена. Таким образом, сердцебиение может быть всего лишь примером ритмического катализа, поскольку и то, и другое вызывает одни и те же явления, движение, химическое действие и периодические токи. В главе о физиогенезе мы вернемся к изучению этого вопроса и рассмотрим другое ритмическое явление, являющееся результатом осмотического роста.

ГЛАВА VII

КОГЕЗИЯ И КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ

Химическое сродство - это сила, которая удерживает вместе различные атомы в молекуле. Когезия - это сила, которая удерживает вместе молекулы, которые химически схожи. Хотя физическая наука различает три состояния материи: твердое, жидкое и газообразное, однако здесь, как и везде, нет резких разделительных линий, а скорее абсолютная непрерывность. На самом деле у нас есть много промежуточных состояний; между жидкостями и газами существуют различные состояния пара, а между жидкостями и

твердыми телами мы получаем вязкие, желеобразные и пастообразные состояния. Единственное реальное различие между твердыми телами, жидкостями и газами - это интенсивность силы сцепления, которая значительна в твердых телах, незначительна в жидкостях и отсутствует в газах.

Живой организм - это арена, на которой вступают в игру противоположные силы сплочения и дезинтеграции. Таким образом, изучение когезии является жизненно важным для биолога, и особенно когезии в условиях, которые возникают у живых существ, а именно. в жидкостях неоднородного состава. Силы сцепления, задействованные в этих условиях, могут быть прекрасно проиллюстрированы простым экспериментом. Мы берем стеклянную тарелку, хорошо очищенную и абсолютно горизонтальную. На него наливаем слой соленой воды, а в середину аккуратно капаем пятнышко тушью. Капля сразу же начинает рассеиваться, и мы получаем круглую фигуру, подобную уже описанному монополярному полю диффузии, с лучами диффузии, расходящимися из центра во всех направлениях.

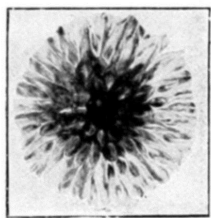


Рис. 19.— Фигура сцепления в виде муриформы, образованная каплей туши в растворе соли.

Если мы будем тщательно защищать пластинку от любых мешающих воздействий, то примерно через десять-двадцать минут мы увидим, что окрашенные частицы возвращаются на свой путь, а центр капли становится все более и более черным. Каждая силовая линия разделяется на гранулы, которые постепенно увеличиваются в размере и приближаются друг к другу и к центру капли, пока она не примет вид шелковицы, показанный на фотографии (рис. 19).

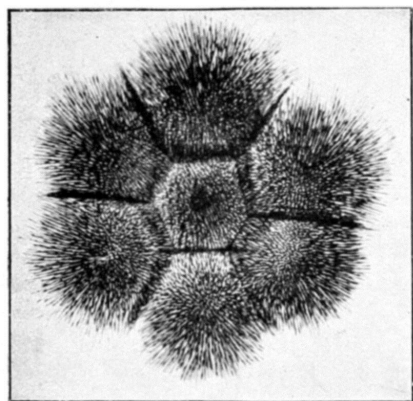


Рис. 20.- Семь одинаковых капель туши, диффундирующих в солевом растворе. Через две минуты после введения капель.

Если мы нанесем несколько капель туши в правильном порядке на поверхность солевого раствора, то получим красивейшие узоры, образованные взаимным отталкиванием капель. На рис. 20, 21 и 22 показаны последовательные проявления семи капель туши, нанесенных таким образом на слой солевого раствора и оставленных нетронутыми достаточно долго, чтобы дать возможность им эволюционировать. На рис. 20 показан внешний вид через две минуты, когда диффузия почти завершена. На рис. 21, сфотографированном через

пятнадцать минут, красящее вещество почти полностью воссоединилось, образовав отдельные гранулы; в то время как на рис. 22, снятом через тридцать минут, эти гранулы перегруппированы, образуя агломерацию вокруг центра каждой капли.

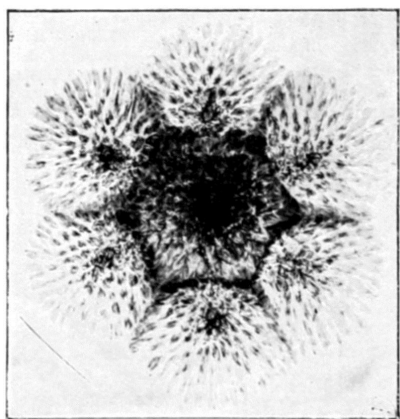


Рис. 21.— Те же капли через 15 минут, показывающие появление грануляций.

Следующий эксперимент, который является более сложным, покажет когезионное притяжение одной капли к другой. Стеклянную пластинку устанавливают абсолютно горизонтально и покрывают, как и раньше, слоем солевого раствора. На это мы наносим несколько капель того же солевого раствора, окрашенного индийскими чернилами. Капли должны быть точно такой же концентрации, что и солевая среда, чтобы избежать какой-либо разницы в осмотическом давлении между каплями и средой, в противном случае капли не остались бы неповрежденными, а диффундировали бы в раствор. Поскольку при этих условиях жидкость среды вокруг капель идеально симметрична и однородна, она не может оказывать никакого влияния на жидкость капель.

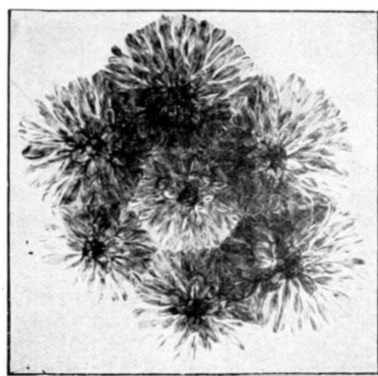


Рис. 22.— Те же капли через 30 минут. В центре капель образовались агломерации.

Однако с красящим веществом капель дело обстоит иначе. Можно видеть, как частицы туши переходят от одной капли к другой, цветные круги вытягиваются навстречу друг другу, соприкасаются и, наконец, соединяются. Если, как показано на рис. 23, капли разного размера, то более крупная будет оказывать преобладающее притягивающее действие и поглощать капли меньшего размера. На рисунке шесть маленьких капель расположены вокруг большой, и капли поменьше начали деформироваться и двигаться к капле побольше. Эта центральная капля также деформирована и приняла более или менее шестиугольную форму под влиянием притяжения шести меньших капель. Можно заметить, что наименее выступающий угол шестиугольника находится напротив маленькой капли, которая находится дальше всего от него, в то время как одна из меньших капель уже начала

поглощаться большой. Это явление сцепления действует очень медленно, но через час или два будет обнаружено, что центральная капля полностью поглотила шесть капель поменьше, и останется только одна большая капля.

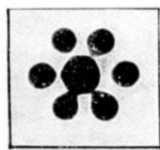


Рис. 23.— Притяжение между окрашенными каплями в изотоническом растворе.

Инкубация.—В живом организме мы часто обнаруживаем условия, аналогичные тем, которые были реализованы в этом эксперименте, а именно. очень медленные процессы диффузии в жидкостях, содержащих частицы во взвешенном состоянии. В таких случаях последствия должны быть одинаковыми, а именно грануляция и сегментация. Рассмотрим на мгновение инкубацию яйцеклетки. Теплота инкубации определяет определенное количество испарения через оболочку с концентрацией жидкости вблизи поверхности. В результате такой поверхностной концентрации мы получаем сегментацию желточника с образованием морулы.

Искусственный партеногенез. Экспериментальный партеногенез Леба и Делажа заключается в погружении яйцеклетки в жидкость, отличную от морской, и возвращении ее снова в исходную среду. Эта операция обязательно приведет к замедлению диффузии в яйцеклетке, что приведет к сегментации. Могут возразить, что сегментация также вызывается раствором, который является изотоническим по отношению к морской воде. Такой раствор на самом деле не привел бы к обмену воды с яйцом, но он установил бы обмен электролитов, поскольку была бы разница в их осмотическом давлении в яйце и в новой изотонической среде. Чрезвычайно медленные процессы диффузии, возникающие таким образом, были бы очень благоприятны для действия силы сцепления на частицы во взвешенном состоянии и, следовательно, для сегментации яйца.

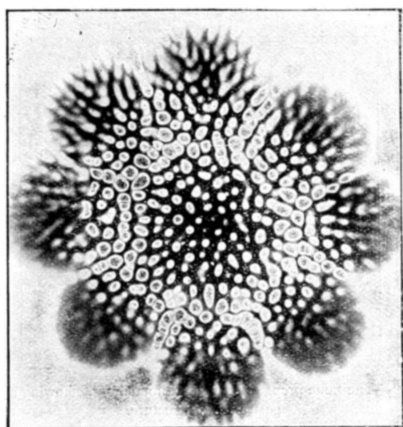


Рис. 24.— Круг из восьми капель индийской туши через 30 минут после того, как они были посеяны в солевой раствор. Капли подверглись диффузии и последующему сцеплению, в результате чего образовалась сетчатая структура.

Немногие физические явления позволяют нам глубже проникнуть в суть явлений жизни, чем те, которые мы здесь рассматриваем. Есть еще один эксперимент, который еще более убедителен. На поверхность нашего горизонтального солевого раствора мы наносим несколько капель более концентрированного солевого раствора на равных расстояниях по

окружности круга. Таким образом, внутри круга возникают процессы диффузии, и через некоторое время, когда эта диффузия становится настолько медленной, что становится почти незаметной, в окрашенной массе начинает появляться борозда. Затем появляются второй и третий, и другие, пересекающие первый, разбивают массу на сегменты. Наконец сегментация завершается, и препарат приобретает мутноватый вид, фактически напоминая шелковицу (рис. 24). Если препарат сохранить на несколько часов дольше, мы можем увидеть, что клетки, образованные путем сегментации, объединяются по окружности, образуя полый мешок, соответствующий гастрале, как показано на рис. 25.

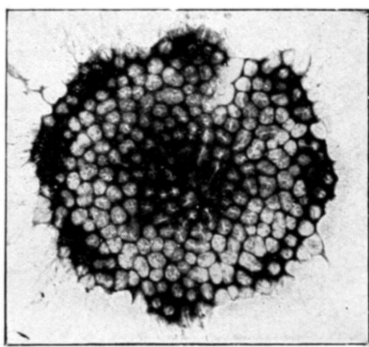


Рис. 25.- Тот же препарат несколькими часами позже, показывающий клеточную структуру, подобную гастрале.

Эти препараты чрезвычайно чувствительны к внешним воздействиям, что затрудняет демонстрацию феномена когезии. Тем не менее, мне несколько раз удавалось спроецировать эксперимент на экран во время лекции. На сегментацию влияют очень слабые потоки диффузии, и у меня есть много препаратов, показывающих сегментацию, равномерно распределенную различными способами вдоль радиальных линий диффузии. Таким образом, мы можем получить множество разновидностей пластинчатой, вакуолистой или клеточной структуры, фактически все тканевые структуры, которые встречаются в живых организмах. Все эти структуры являются вытягивающимися, вытягивание происходит очень медленно в течение длительного времени, как если бы сила сцепления продолжала действовать в паутине структуры даже после того, как ее формирование было завершено. Это явление представляет собой чисто физическое синтетическое воспроизведение явления коагуляции, причем фигура когезии на самом деле представляет собой вытягивающийся сгусток.

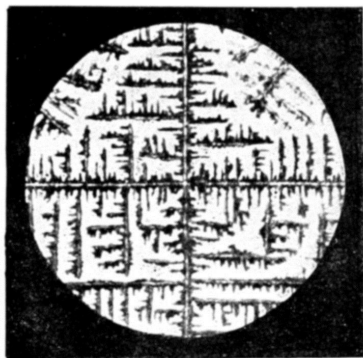


Рис. 26.- Поле кристаллизации хлорида натрия (увеличено на 60 диаметров).

Кристаллизация.—Когда мы выпариваем раствор кристаллоида, он становится более концентрированным, начинаются медленные процессы диффузии, и в определенный

момент происходит агломерация, агломераты принимают форму кристаллов. Таким образом, кристаллизацию можно рассматривать как частный случай конгломерации путем сцепления, отличающийся только регулярностью расположения молекул, придающей геометрическую форму кристаллу. Следовательно, мы можем легко понять, как присутствие кристаллического фрагмента может облегчить процесс кристаллизации. Рассмотрим жидкость, в которой происходят чрезвычайно медленные процессы диффузии. Если жидкость совершенно однородна, то не будет центра притяжения, к которому могли бы прикрепляться молекулы.

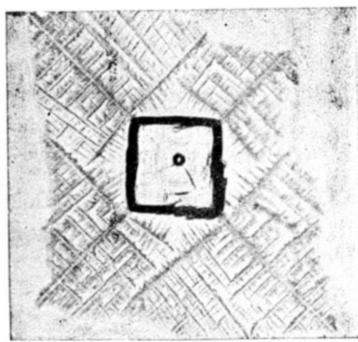


Рис. 27.- Поле кристаллизации вокруг кристалла хлорида натрия в процессе формирования.

Однако, если присутствует кристалл или другая гетерогенная структура, она образует центр сцепления, который будет присоединять любые молекулы, занесенные диффузией, к своей сфере притяжения. Нам удалось сфотографировать расположение молекул жидкости вокруг кристалла в процессе формирования (рис. 26). Для этого мы добавляем в раствор следы какого-нибудь коллоидного вещества, такого как желатин или камедь, чтобы задержать кристаллизацию. Таким образом, можно показать, что молекулы окружающей жидкости уже расположены в кристаллическом порядке на некотором расстоянии от кристалла, образуя своего рода поле кристаллизации. Структура этого регулярного поля варьируется в разных случаях и является более или менее сложной в зависимости от обстоятельств. Одной из наиболее распространенных форм является та, что показана на рис. 27, которая представляет собой поле вокруг кристалла хлорида натрия. В центре кристалла находится квадрат с четко очерченными очертаниями. В каждом углу этого квадрата есть прямая линия под прямым углом к диагонали, которая будет формировать грани кристалла в процессе формирования. От середины каждой стороны отходят еще одни перпендикуляры, которые, в свою очередь, несут на себе другие поперечные линии, причем каждая новая линия устанавливается под прямым углом к своей предыдущей. Более поздняя стадия кристаллизации показана на рис. 27, где четко обозначены два квадрата, расположенные один внутри другого под углом 45° .

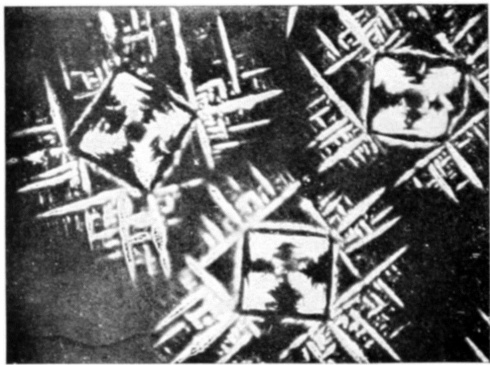


Рис. 28.- Три кристалла хлорида натрия в процессе формирования, каждый в центре поля кристаллизации.

Каждое кристаллизующееся вещество дает различное характерное поле кристаллизации. В 1903 году на конгрессе в Анже я закончил свое выступление следующими словами: "Поле кристаллизации может служить для определения характера вещества в растворе". Впоследствии я получил от Карбонелла-и-Солеса из Барселоны интересную работу по этому вопросу, которую он представил на Международном медицинском конгрессе в Мадриде в 1903 году, озаглавленную *"Применение кристаллогении в экспериментальных целях токсикологического исследования алкалоидных кислот"*.

Шесть лет назад я получил из Австралии чрезвычайно красивую фотографию тонкой пленки, найденной в дождемере. Мой корреспондент предположил, что эта странная фигура могла образоваться под воздействием электрического или магнитного поля. Я смог заверить его по почте, что рисунок был результатом кристаллизации сульфата меди в коллоидной среде. В ответ я получил письмо, подтверждающее этот факт, в котором говорилось, что по соседству находятся медеплавильные заводы и воздух наполнен пылью медного купороса.

Живые существа представляют собой всего лишь растворы коллоидов и кристаллоидов, и их ткани образуются в результате агрегации этих растворенных веществ. Мы уже видели, как изменяются силы кристаллизации в коллоидных растворах. Эта сила кристаллизации, должно быть, играет важную роль в метаморфозах живых организмов и влияет на их морфологию. Поэтому может представлять интерес исследовать некоторые из бесчисленных форм кристаллизации в коллоидных растворах.

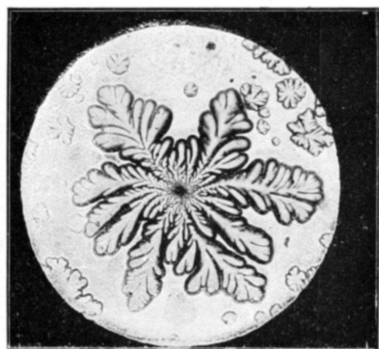


Рис. 29.—Кристаллизация хлорида натрия в коллоидном растворе, придающая растениеподобную форму.

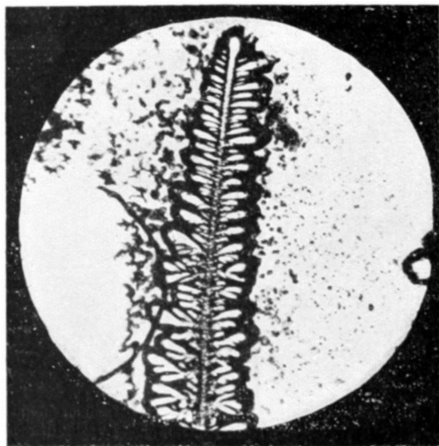


Рис. 30.-Форма— полученная кристаллизацией хлорида аммония в коллоидном растворе.

На рис. 29 и 30 представлены формы, полученные хлоридом натрия и хлоридом аммония соответственно в растворах желатина разной степени концентрации. Их сходство с растениями настолько поразительно, что некоторые наблюдатели, впервые увидев их, называли "Кристаллами папоротника".

Здесь я хотел бы обратить ваше внимание на работу английского наблюдателя, доктора Э. Монтгомери из больницы Святого Томаса, которая была опубликована еще в 1865 году. Недавно я обратил внимание на эту работу благодаря любезности профессора Баумлера из Фрайбурга. Он говорит: "Кристаллы не являются чужими в органическом мире. Многие органические соединения способны принимать кристаллические формы при определенных условиях. Рейни показал, что многие оболочки состоят из шаровидных кристаллов, *то есть* минеральных веществ, которые кристаллизуются под воздействием вязкого материала ". В этой связи я могу также упомянуть интересную работу Отто Леманна из Карлсруэ по жидким кристаллам.

В заключение мы можем вспомнить слова самого Шванна, создателя клеточной теории: "Формирование элементарных форм организма - это всего лишь кристаллизация веществ, способных к усвоению. Организм - это всего лишь совокупность таких поглощающих кристаллов".

ГЛАВА VIII

КАРИОКИНЕЗ

В 1873 году Герман Фол в книге "Яйца Герионии" так описывает явление кариокинеза: "По обе стороны от остатка ядра появляется скопление плазмы, образующее две совершенно правильные звездообразные фигуры, лучи которых представляют собой прямые линии грануляций. Есть и другие изогнутые лучи, которые проходят от одной звезды или центра притяжения к другой. Вся фигура необычайно отчетлива, поразительным образом

напоминая расположение железных опилок, окружающих полюса магнита. Теория Сакса заключается в том, что разделение ядра вызвано центрами притяжения, и я согласен с ним не на теоретических основаниях, а потому, что я действительно видел эти центры притяжения".

Со времени открытия Германа Фола было дано множество объяснений, все они были теоретическими, для объяснения фигур и явлений кариокинеза. Многие из этих так называемых объяснений являются механическими, в то время как другие призывают к помощи магнетизма или электричества, чтобы объяснить сходство фигур кариокинеза с магнитным или электрическим фантомом или призраком. Среди авторов, занимавшихся этим вопросом, мы можем упомянуть Хартога из Корка, Гальярдо из Буэнос-Айреса и Рамблера из Геттингена.

В 1904 году я представил конгрессу в Гренобле, а в 1906 году - конгрессу в Лионе серию фотографий и препаратов экспериментального кариокинеза. Я показал, как в растворе, аналогичном тому, который находится в естественной ячейке, простые процессы диффузии жидкости без вмешательства магнетизма или электричества могут воспроизводить с совершенной точностью и в своей обычной последовательности все движения и фигуры, которые характеризуют явление кариокинеза. Этот эксперимент состоит не просто в воспроизведении определенной фигуры, такой, какая получается в магнитном спектре, но в воспроизведении самого движения и всех последовательных форм, которые наблюдаются в природном явлении. Они развиваются на глазах зрителя в своем обычном порядке и последовательности.

Здесь я могу воспроизвести текст моего сообщения в Гренобле: "Пока я не ввел концепцию диффузионного поля, не существовало надлежащих средств изучения явлений диффузии, которые подчиняются законам силового поля, изложенным Фарадеем. Более того, никто не подозревал о возможности воспроизведения методом диффузии жидкости спектра, аналогичного электромагнитному фантому. Руководствуясь этой теорией диффузионного силового поля, я смог экспериментально воспроизвести фигуры кариокинеза с помощью простой диффузии. Что касается ахроматинового веретена, профессор Хартог показал, что два полюса веретена имеют один и тот же знак, а не противоположные знаки, как предполагалось вначале. В процессе кариокинеза две центросомы, *то есть* два полюса ахроматинового веретена, отталкиваются друг от друга. Следовательно, они должны быть полюсами одного и того же знака. Электрический или магнитный спектр, показывающий веретено между двумя полюсами одного и того же знака, неизвестен; такая вещь представляется абсолютно невозможной. Однако то, что невозможно в электричестве и магнетизме, вполне возможно в искусственном диффузионном поле; здесь мы можем иметь веретено между двумя полюсами, которые отталкиваются друг от друга, то есть между полюсами одного знака. На рис. 31 представлена фотография такого веретена, полученного в результате диффузии. По обе стороны расположены два полюса концентрации, которые представляют центросомы, каждый полюс окружен звездообразным излучением. Эти полюса, будучи одинаковыми, отталкивают друг друга. При препарировании можно увидеть, как расстояние между двумя полюсами медленно увеличивается, полюса постепенно отделяются друг от друга точно так же, как это делают центросомы яйцеклетки во время кариокинеза. Таким образом, этот препарат, который полностью производится путем диффузии, представляет собой совершенное сходство с ахроматиновым веретеном при кариокинезе.

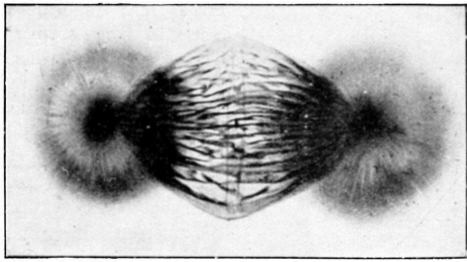


Рис. 31.— диффузионная фигура, представляющая кариокинез. Ахроматиновое веретено находится между двумя сходными полюсами концентрации.

"Веретено, фотографию которого мы приводим на рис. 31, было изготовлено путем помещения в соленую воду капли того же раствора, окрашенной кровью или тушью, и размещения по обе стороны от этой центральной капли гипертонической капли солевого раствора более светлого цвета. После того, как диффузия продолжалась в течение нескольких минут, мы получили фигуру, которую сфотографировали. Я хотел бы обратить ваше внимание на экваториальную плоскость, которая показывает, что веретено образовано не силовыми линиями, проходящими от одного полюса к другому, как было бы в случае между двумя полюсами противоположного знака, а двумя силами, действующими в противоположных направлениях. С обеих сторон пигмент центральной капли оттянут к ближайшему к ней гипертоническому центру. Однако в срединной линии пигмент притягивается в противоположных направлениях с равной силой и поэтому остается нетронутым, отмечая положение экваториальной плоскости. Это наблюдение в равной степени применимо к экваториальной плоскости в естественном кариокинезе, существование которой, таким образом, легко объясняется.

Едва ли есть необходимость настаивать на том факте, что жидкие препараты, подобные этим, отличаются чрезвычайной деликатностью и чувствительностью и требуют для своего изготовления, а еще больше для фотографирования величайшей осторожности и мастерства, которые можно приобрести только длительной практикой.

"Мы способны производить путем диффузии не только ахроматиновое веретено, но и сегментацию хроматина и деление ядра. Если в физиологический раствор поместить цветную изотоническую каплю между двумя цветными гипертоническими каплями, все фигуры и движения кариокинеза появятся последовательно в должном порядке. Центральная капля, представляющая собой ядро между двумя боковыми каплями, или центросомами, сначала становится зернистой. Далее мы видим то, что выглядит как свернутая лента, аналогичная полосе хроматина, которая вскоре распадается на фрагменты, аналогичные хромосомам. Они располагаются вокруг и постепенно притягиваются к центросомам, где накапливаются, образуя две пигментированные ядерные массы. Затем на срединной линии появляется перегородка, и эта перегородка становится непрерывной с границей сфер вокруг центросом. Наконец, мы имеем две соседствующие клетки, каждая со своим ядром, своей протоплазмой и окружающей ее мембраной. Я смог сфотографировать эти последовательные стадии сегментации хроматина точно так же, как я сфотографировал ахроматиновое веретено" (рис. 32).

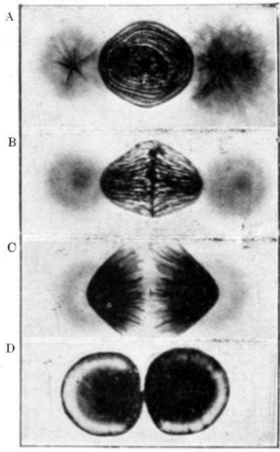


Рис. 32.- Четыре последовательных этапа получения искусственного кариокинеза методом диффузии.

В этих мемуарах, написанных в 1904 году, четко утверждается гомополярность центросом и показано, что ядерное деление является результатом биполярного действия, когда два полюса одного знака оказывают свое влияние на противоположные стороны ядра. Это также подчеркивает важный факт, что диффузия, и, насколько нам известно, только диффузия, способна создавать веретено между гомологичными полюсами.

Одного взгляда на фотографию достаточно, чтобы показать, что веретено образовано между полюсами одного и того же знака. Линии диффузии расходятся от одного центра и сходятся к другому центру в виде кривых, образуя двойную сходимость, характерную для шпинделя. Центральная капля просто поставляет необходимый материал и должна иметь концентрацию, но немного меньшую, чем концентрация плазмы, чтобы не создавать собственных линий диффузии. На фотографии ясно видно, что лучи веретена пересекают экватор без какого-либо разрыва. Были высказаны возражения, что эти линии образуют не столько веретено, сколько два полуверетена, но ясно, что эти два полуверетена непрерывны и образуют единый пучок лучей, объединяющий два полюса концентрации. Это явление, совершенно неизвестное в магнитных или электрических полях, когда два полюса одного знака, по одному с каждой стороны от полюса противоположного знака, дают два отдельных шпинделя. В магнитном поле невозможно заставить линии, исходящие от одного полюса, сходиться, кроме как к полюсу противоположного знака. Следовательно, если мы признаем гомополярность центросом, мы должны также признать, что диффузия является *истинной причиной* кариокинеза, поскольку, как я показал на конгрессе в Гренобле в 1904 году, диффузия и только диффузия способна образовать веретено между двумя полюсами одного знака.

Деление ядра.—Чтобы искусственно воспроизвести явления, сопровождающие деление ядра, мы можем поступить следующим образом. Мы покрываем идеально горизонтальную стеклянную пластинку полунасыщенным раствором нитрата калия, чтобы изобразить цитоплазму клетки. Ядро в центре воспроизводится каплей того же раствора, окрашенной следами туши, твердые частицы которой будут представлять собой гранулы хроматина ядра. Добавление индийских чернил немного снизит концентрацию центральной капли, и это соответствует природе, поскольку осмотическое давление ядра несколько меньше, чем у плазмы. Затем мы помещаем по обе стороны от капли, представляющей ядро, по цветной капле раствора, более концентрированного, чем раствор цитоплазмы. Частицы туши в центральной капле располагаются в виде длинной цветной ленты, по-видимому, свернутой

в рулон, края ленты украшены бисером. Через короткое время лента теряет свой бисерный вид и становится гладкой, с двойным контуром, как показано на А, рис. 32. Впоследствии этот виток или моток ленты делится, образуя ядерное веретено, в то время как вещество хроматина собирается вместе в экваториальной плоскости, как на Б, рис. 32.

Более продвинутая стадия ядерного деления показана на рис. 32 С, где полосы хроматина искусственных хромосом сгруппированы в два конических пучка, сходящихся к двум центросомам. В течение некоторого времени эти конические пучки остаются соединенными тонкими нитями, последними остатками ядерного веретена. Заключительная стадия - это соседство двух искусственных клеток, ядра которых образованы исходными центросомами, дополненными полосами хроматина, или хромосомами (рис. 32, Г).

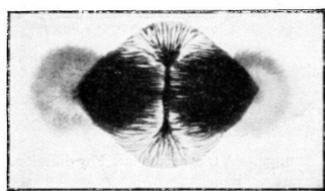


Рис. 33.— экваториальная корона, полученная диффузией.

Сходство этих последовательных явлений с естественным кариокинезом является наиболее близким. Эксперимент показывает, что диффузии вполне достаточно для осуществления органического кариокинеза и что единственной необходимой физической силой является осмотическое давление. Если в цитоплазме клетки есть две точки концентрации молекул, превышающей общую массу, ядро обязательно должно разделиться со всеми явлениями, сопровождающими кариокинез. В природе эти два центра положительной концентрации вводятся в протоплазму клетки при оплодотворении, то есть при входе центросом в сперматозоид. В определенных ненормальных случаях концентрация может быть произведена в самой клетке за счет образования двух центров катаболизма или молекулярной дезинтеграции, поскольку, как мы видели, молекулярная дезинтеграция повышает осмотическое давление. Это явление, а именно выработка кариокинеза из центров катаболизма, может объяснять аномальный кариокинез раковых клеток и тому подобное. Этот предмет заслуживает дальнейшего изучения.

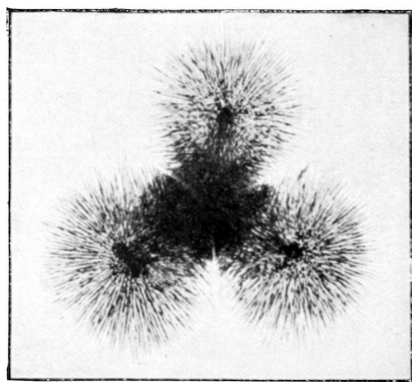


Рис. 34.-триастер, полученный диффузией.

В наших экспериментах было обнаружено, что для получения правильного деления искусственного ядра, представленного промежуточной каплей, последнее должно иметь осмотическое давление немного ниже осмотического давления плазмы. Это приводит к предположению, что аналогичное состояние должно быть достигнуто и в естественной

клетке. Более того, можно заметить, что зерна пигмента следуют за направлением потока воды, увлекаемые потоком. Это, по—видимому, показывает, что ядро естественной клетки также имеет молекулярную концентрацию, меньшую, чем в плазме, - результат либо обезвоживания плазмы, либо некоторого уменьшения молекулярной концентрации ядра.

Другие явления кариокинеза также могут быть близко имитированы диффузией. Например, при подготовке к диффузии мы замечаем на каждой оконечности экватора V-образную фигуру вершиной к центру, точно соответствующую тому, что в естественном кариокинезе называется экваториальной короной.

Мы также можем создавать диффузионные фигуры аномального кариокинеза. На рис. 34 представлена такая форма - триастер, полученный диффузией.

Искусственный кариокинез также может быть вызван гипотоническими полюсами концентрации, то есть когда центральная капля, представляющая яйцеклетку, положительна, а боковые капли, представляющие центросомы, отрицательны по отношению к плазме. В этом случае, однако, сходство с естественным кариокинезом менее совершенное.

Не придавая этому значения, которое не подтверждается экспериментальными результатами, интересно отметить, что здесь мы имеем два метода оплодотворения, гипертонический и гипотонический, *т.е.* центросомами большей концентрации и центросомами меньшей концентрации, чем в плазме яйцеклетки, и что в природе мы имеем два соответствующих результата, а именно. два разных пола. Возможно, что в этих двух методах производства ядерного деления кроется секрет различия полов.

ГЛАВА IX

ЭНЕРГЕТИКА

Движение присутствует повсюду; неподвижности не существует; сама идея покоя сама по себе иллюзорна. Неподвижность лишь кажущаяся и относительная и исчезает при ближайшем рассмотрении. Все земные объекты вращаются вокруг Солнца с огромной скоростью, и обитатели земного экватора каждый день преодолевают 40 000 километров его окружности. Все объекты на земном шаре находятся в движении, как неодушевленные, так и живые. Воды поднимаются в виде паров из моря, переплывают горы и долины и снова возвращаются по рекам в море. Еще более чудесен поток воды, который вечно течет от росы и дождя через сок растений и кровь животных обратно в минеральный мир. Сами горы рушатся, и их вещество смывается на равнины; ветры перемещают воздух и поднимают морские волны, в то время как сильные океанские течения вызываются колебаниями температуры в разных частях света. Это волнение, это непрекращающееся и всеобщее движение было излюбленным предметом поэтического созерцания. Гераклит пишет: "Существует вечный поток, все является единым универсальным течением; ничто не остается таким, как было, вечны только изменения". Овидий пишет в своих *Метаморфозах*: "Поверьте мне, ничто не погибает в этой огромной вселенной, но все меняется и меняет

свой облик. Я думаю, что ничто не может долго оставаться неизменным. То, что было твердой землей, стало морем, и твердая почва вышла из недр вод".

Французская поэтесса мадам. Аккерман выразила ту же мысль в прекрасных стихах:—

"Ainsi, jamais d'arrêt. L'immortelle matière,

Un seul instant encore n'a pu se reposer.

La Nature ne fait, patiente ouvrière,

Que défaire et recomposer.

Tout se métamorphose entre ses mains actives;

Partout le mouvement incessant et divers,

Dans le cercle éternel des formes fugitives,

Agitant l'immense univers."

Только к середине прошлого века человечество в долгих поисках единства в природе начало осознавать, что все движения Вселенной являются проявлениями единого агента, который мы называем энергией. В действительности все явления природы можно рассматривать как различные формы движения, и слово "энергия" является общим выражением, применяемым ко всем различным способам движения во вселенной. Именно благодаря изучению тепла, и в особенности термодинамики, мы получили наши представления об энергетике.

Именно в Мюнхене в 1798 году английский инженер граф Румфорд впервые заметил, что при растачивании пушки медь нагревается до такой степени, что стружка раскаляется докрасна. Это навело на мысль о его знаменитом эксперименте, в ходе которого тяжелый железный пестик вращался с помощью лошадиной силы в металлической ступке, наполненной водой. Вода закипела, и когда было добавлено еще воды, она тоже нагрелась до кипения, и так до бесконечности. Румфорд утверждал, что тепло, полученное таким образом в неопределенном количестве, не может быть материальной субстанцией; что движение - это единственное, что добавляется к воде без ограничений, и что, следовательно, тепло должно быть движением.

В то время как эксперимент Румфорда показал преобразование движения в тепло, вскоре после этого паровая машина продемонстрировала противоположное преобразование, а именно. превращение тепла в движение.

Фактическое состояние наших знаний в области науки об энергии основывается на двух принципах - Майера и Карно.

Первый принцип был определен Дж. Р. Майером, практикующим врачом из Хайльбронна, чья работа *"Принципы сохранения природы"* была опубликована в 1842 году. "Все физические явления, - говорит Майер, - будь то жизненные или химические, являются формами движения. Все эти формы движения подвержены превращению друг в друга, и при всех преобразованиях количество механической работы, представленной различными способами движения, остается неизменным".

Энергия данного тела - это количество передаваемого движения, накопленное в этом теле, и измеряется его способностью производить механическую работу.

Оствальд так определяет энергию: "Энергия - это работа, все, что можно получить от работы, и все, что можно превратить в работу". Различные формы энергии могут измеряться разными способами, но все формы энергии могут измеряться либо в единицах механической работы, либо в единицах тепла, в килограмм-метрах, фут-фунтах или в калориях, в зависимости от того, преобразуется ли рассматриваемая энергия в механическую работу или в тепло. Первый принцип энергетике, сохранение энергии, может быть выражен таким образом: "Энергия вечна; ничто никогда не создается и ничто никогда не теряется. Количество энергии во Вселенной неизменно и вечно сохраняется в своей целостности".

Единицей, с помощью которой мы измеряем количество тепла, является калория, количество тепла, необходимое для повышения температуры одного килограмма воды на один градус по Цельсию.

Практической единицей механической работы является килограмм-метр, работа, необходимая для подъема груза весом в один килограмм на высоту одного метра. Теоретической единицей работы является один эрг, работа, необходимая для перемещения массы в один грамм на один сантиметр с усилием в одну дину.

Джоуль из Манчестера был первым, кто проверил закон Майера количественно. С помощью эксперимента, аналогичного эксперименту Румфорда, он преобразовал работу в тепло, устроив свой прибор таким образом, чтобы можно было измерить количество выделяемого тепла и затраченную работу. Разделив количество исчезнувшей работы на количество выделенного тепла, он обнаружил, что на каждую произведенную калорию тепла было затрачено 424 килограмм-метра работы.

Хирн из Кольмара измерил отношение работы к теплу в паровой машине. Он обнаружил, что на каждую исчезнувшую калорию тепла приходится 425 килограмм-метров работы.

Поэтому было принято считать, что это число 425 представляет в калориях и килограмм-метрах преобразование работы в тепло, а тепла - в работу.

Дальнейшие измерения превращений других форм энергии, химической и электрической, показали, что закон эквивалентов Джоуля является общим и что количество механической работы, представленной любой формой энергии, остается неизменным после преобразования, независимо от природы этого преобразования.

Энергия предстает перед нами в двух формах, потенциальной и актуальной. Потенциальная энергия - это дремлющая энергия, энергия, локализованная или запертая в теле. Для того чтобы преобразовать потенциальную энергию в реальную, требуется вмешательство дополнительной пробуждающей, стимулирующей или возбуждающей энергии извне. Эта стимулирующая энергия может быть почти бесконечно малой по количеству и не имеет количественного отношения к количеству преобразованной энергии. Это небольшой объем работы, необходимый для поворота ключа, который высвобождает неопределенное количество потенциальной энергии.

Настоящая энергия, с другой стороны, - это энергия в движении, бодрствующая и бдительная, готовая к преобразованию в любую другую форму энергии без вмешательства какой-либо подобной внешней стимулирующей силы.

Переход данного количества энергии из потенциального состояния в фактическое осуществляется постепенно, и в течение времени преобразования сумма фактической и потенциальной энергии остается постоянной.

Груз, подвешенный на шнуре, обладает количеством потенциальной энергии, равным произведению его веса на высоту, с которой он может упасть. Эта энергия заперта в определенном пространстве, она не может быть преобразована без вмешательства какой-либо внешней энергии, чтобы перерезать пуповину. Во время падения груза, на середине его пути, половина этой дремлющей энергии становится кинетической и представлена *живостью* груза, в то время как другая половина все еще является потенциальной и эквивалентна работе, которую груз выполнит во второй половине своего падения. В любой момент сумма этих двух энергий, энергии сна и бодрствования, представляет собой общую потенциальную энергию груза до того, как он начал падать.

То же самое и с порохом в пистолете. Потенциальная энергия пороха не может стать реальной без какого-либо стимула, какой-либо возбуждающей силы извне, которая высвободит ее. Именно внешняя работа нажатия на спусковой крючок высвобождает потенциальную энергию пороха, преобразуя ее в фактическую энергию сгорания и кинетическую энергию снаряда.

Поскольку энергия - это работа, а работа - функция движения, в действительности не существует такой вещи, как энергия в состоянии покоя. Материя, согласно нашей современной концепции, представляет собой комплекс молекул, атомов и электронов; мы представляем молекулы материи как всегда находящиеся в движении, оживленные циклическим или вибрационным движением, причем эти колебательные или вращательные движения представляют собой потенциальную энергию рассматриваемого тела. Таким образом, потенциальная энергия является выражением молекулярного движения без перемещения молекул как целого в пространстве.

Когда эта потенциальная энергия преобразуется в реальную энергию путем вмешательства какой-либо внешней силы, мы получаем поток энергии, перемещение молекул в пространстве. Таким образом, когда внешняя сила высвобождает вес, молекулярные орбиты в падающем теле изменяют форму, и потенциальная энергия молекулярного движения становится кинетической энергией падающего тела. Аналогично при теплопроводности энергия горячего тела передается более холодному телу путем передачи колебательного движения от молекулы к молекуле. Итак, опять же, с химической энергией молекулярное движение горения может быть преобразовано в лучистую энергию эфирных волн.

Действительную энергию можно рассматривать как поток молекулярного движения. Чтобы сделать вопрос более понятным, пусть масса вещества будет представлена полком солдат. Тогда каждый солдат будет представлять собой электрон, рота - атом, а батальон - молекулу. Пока солдаты отмечают время, поворачиваются или иным образом упражняются, не продвигаясь вперед, мы просто накапливаем потенциальную энергию. Слово команды "Марш" - это возбуждающая сила, которая внезапно преобразует этот потенциал в кинетическую энергию. Марширующий полк - это изображение тела, обладающего кинетической энергией. Потенциальная энергия - это энергия, ограниченная определенной точкой в пространстве, тогда как фактическая энергия - это поток энергии, постоянно меняющий свое место или форму. Энергия подобна воде - потенциальная энергия в озере, реальная в водопаде или реке.

Любой механизм, способный преобразовывать одну форму энергии в другую, является преобразователем энергии. Паровой двигатель - это преобразователь энергии, преобразующий тепловую энергию в механическую работу. Электрическая машина - это трансформатор энергии, преобразующий механическое движение в электрический ток, в то время как электромотор преобразует движение электронов в механическое движение. Каждое живое существо, и даже сам человек, является всего лишь преобразователем энергии, преобразующим энергию, получаемую от земли, воздуха и солнца, в механическое движение, нервную энергию и тепло.

Первый закон энергетике, закон сохранения энергии, аналогичен химическому принципу Лавуазье - принципу сохранения вещества. Знак равенства, объединяющий члены химического уравнения, выражает тот факт, что после каждой химической реакции общая масса вещества остается той же, что и до превращения. Это также верно и в отношении энергии; после каждой трансформации мы обнаруживаем точно такое же общее количество энергии, как и до нее. Это, однако, ничего не говорит нам ни об условиях трансформации, ни о причинах, *т.е.* предшествующих явлениях, которые определили такую трансформацию.

Второй принцип энергетике, принцип Карно, сформулированный в 1824 году, касается условий, при которых возможно преобразование энергии. Масса воды на определенной высоте представляет собой количество потенциальной энергии, равное произведению ее веса на ее высоту; но эта энергия не может производить механическую работу, если воде не дать упасть. Рассмотрим два озера на одинаковой высоте и одинаковой вместимости, одно из которых полностью закрыто от выхода к морю, в то время как другое имеет открытый канал, ведущий к морю. Каждое озеро представляет собой одинаковое количество потенциальной энергии, но энергия озера, не имеющего выхода к морю, бесполезна, она не может быть преобразована; в то время как другое озеро, вода которого может стекать в море, реализует условия, необходимые для использования, а именно. трансформируемость его энергии. То же самое можно сказать обо всех формах энергии; тепловой двигатель может действовать как трансформатор, превращая тепло в работу, только если есть разница температур между его источником и стоком; электродвигатель может работать только при падении потенциала между входом и выходом электрического тока.

Энергия представляется нам как произведение двух факторов: веса и высоты водопада, количества и температуры в тепловой машине, силы тока и потенциала в электродвигателе.

Рассматривая эти два фактора, мы можем отметить, что один фактор всегда является величиной (Q), а другой - интенсивностью (I). Это последнее выражает некоторого рода разницу в положении или состоянии, высоту груза, разницу в температуре в тепловом двигателе, давлении в газовом двигателе или электрическом потенциале в динамо-машине или электропечи. Без этой разницы потенциалов не может быть потока энергии, а следовательно, и перехода из одной формы энергии в другую.

Следовательно, второй закон термодинамики, закон Карно, может быть сформулирован следующим образом: "Энергия не может быть преобразована без падения потенциала".

Мы также можем вывести этот принцип из рассмотрения формулы эффективности, отношения работы, выполняемой трансформатором, к работе, выполняемой на трансформаторе.

Эффективность = преобразованная энергия / общая поглощенная энергия

Общая энергия равна произведению QI , т.е. произведению общего количества на общую интенсивность, имеющуюся в нашем распоряжении. Преобразованная энергия равна $Q(I - I')$, произведению общего количества на разницу интенсивности на входе и выходе машины. Таким образом, формула эффективности становится

$$Q(I - I') / QI = (I - I') / I.$$

Если I представляет температуру, то для того, чтобы эффективность могла быть положительной, I' должно быть меньше I , должно произойти понижение температуры в машине. Если бы I' было больше I , т.е. Если бы температура на выходе была выше, чем на входе, КПД был бы отрицательным, и трансформатору пришлось бы заимствовать тепло из какого-либо внешнего источника.

Энтропия.— При каждом преобразовании энергии определенная часть энергии преобразуется в тепло: лампа выделяет бесполезное тепло так же, как свет, машина выделяет бесполезное тепло так же, как механическая работа. Эта потеря полезной энергии в виде тепла происходит при каждом переносе или преобразовании энергии; только в случае перехода тепла от более горячего тела к более холодному такого преобразования не происходит. Когда устанавливается равная температура, потери энергии не происходит, но вся энергия становится неиспользуемой, то есть непереводимой. В формуле эффективности падение интенсивности $I - I'$ теперь равно нулю, и, следовательно, эффективность машины

$$(I - I') / I$$

также равно нулю.

Поскольку при всех его преобразованиях определенная доля энергии превращается в тепло, в природе существует тенденция к выравниванию всех перепадов температур. Следовательно, количество используемой энергии во Вселенной имеет тенденцию к уменьшению. Клаузиус назвал эту неиспользуемую энергию, заключенную в веществе тела, энтропией и показал, что при каждом преобразовании количество этой неиспользуемой энергии имеет тенденцию к увеличению. "Энтропия системы всегда стремится к максимальному значению".

Если это постепенное непрерывное увеличение энтропии носит универсальный характер и если нет компенсационного механизма, вселенная должна стремиться к определенному концу, когда вся ее энергия будет преобразована в неиспользуемое тепло с постоянной температурой. Однако есть основания предполагать, что какой-то такой компенсаторный механизм действительно существует. Позади нас простирается бесконечное прошлое, и мы верим, что в будущем явления природы будут разворачиваться в цикле, которому нет конца. Но аргументы, выведенные из изучения энтропии, применимы только к фактам и явлениям, действительно находящимся под нашим наблюдением, предполагаемой невозможности без заимствования энергии извне восстановить разницу температур путем забора тепла у более холодного тела, чтобы сконцентрировать его в более горячем теле, и могут не быть абсолютно идентичными тем, которые были получены в другие эпохи. Наше незнание такого явления и наше бессилие вызвать его никоим образом не доказывают, что оно невозможно. Насколько нам известно, оно может существовать в какой-то другой области пространства или в другое время, отличное от нашего. Возможно, когда-нибудь мы сможем искусственно создать условия, которые сделали бы возможным такое явление, поскольку в экспериментальных лабораторных условиях может оказаться возможным создать условия,

которые не реализуются спонтанно в природе в нынешних условиях. Возможно, будущее откроет нам совершенно новые явления, которые до сих пор не были осознаны. В своей работе об эволюции материи и энергии Гюстав Лебон высказывает некоторые интересные и оригинальные идеи на эту тему.

Одних законов Майера и Карно недостаточно для объяснения явлений жизни без некоторого учета законов стимулирования. Принцип Майера утверждает сохранение энергии, а принцип Карно - условия, необходимые для ее преобразования, но они сами по себе не могут объяснить преобразование потенциальной энергии в реальную. Груз, подвешенный на шнуре, не падает только потому, что для его спуска есть место. Нам нужно вмешательство какой-то внешней силы, чтобы перерезать шнур. При каждом преобразовании энергии требуется эта внешняя сила, чтобы перерезать шнур или нажать на спусковой крючок, некая внешняя сила возбуждения или высвобождения, энергия, которая может быть бесконечно малой по величине и которая непропорциональна количеству высвобождаемой ею потенциальной энергии. Это вмешательство возбуждающей, стимулирующей или освобождающей энергии универсально. Каждое явление природы - это всего лишь трансформация или перемещение энергии, определяемое вмешательством минимального количества энергии извне. Это высвобождение большого количества потенциальной энергии при чрезвычайно малом внешнем раздражителе до сих пор не получило должного внимания, которого оно требует. Определенные явления, такие как химический катализ или действие растворимых ферментов, вызывают наше удивление, потому что такие чрезвычайно малые количества определенных веществ будут определять химические превращения больших количеств вещества, поскольку не существует пропорции между количеством каталитического вещества и преобразованного вещества. Однако эти явления являются лишь частными случаями общего закона энергетики, согласно которому трансформация требует стимула. Катализатор, или фермент, вносит в реакцию не вещество, а лишь минимальную энергию, необходимую для высвобождения химической потенциальной энергии, запасенной в ферментирующем веществе.

Поэтому мы должны добавить третий к двум законам энергетики - закону сохранения Майера и закону падения потенциала Карно. Этот третий закон - закон стимула, необходимость вмешательства внешней возбуждающей силы, способной привести в движение поток энергии, необходимый для преобразования. Этот стимул является первичным явлением, определяющей причиной такой трансформации.

Таким образом, для преобразования или вытеснения энергии требуются три условия:—

1. *Причина*, воздействие стимула, которое запускает трансформацию или вытеснение.
2. *Возможность*, необходимое снижение потенциала.
3. *Условие*- сохранение соответствующей энергии, поскольку, будучи неразрушимой, ее общее количество не может измениться.

Каждое живое существо является преобразователем энергии. Низшие животные и сам человек получают из пищи и воздуха потенциальную энергию, которая становится реальной в процессе окисления. Это химическое горение является источником всей жизненной энергии; древние удачно сравнили жизнь с пламенем, и Лавуазье показал, что жизнь, подобно пламени, поддерживается процессом окисления. Энергия, получаемая из пищи и воздуха, возвращается организмом во внешний мир в виде тепла и механического движения. Знаменитые эксперименты Этуотера показывают, что существует абсолютное

равенство между энергией, полученной в результате окисления различных пищевых продуктов, и суммой тепловой и механической энергии, выделяемой живым существом.

Человек получает энергию либо непосредственно из растительного мира, либо косвенно из овощей, прошедших через мясо животных. Овощи, в свою очередь, получают свои вещества из минерального мира, а энергию - от солнца. Соли, вода и углекислота, поглощаемые растениями, не обладают запасом потенциальной энергии. Откуда же тогда они могут получать потенциальную энергию, которую передают животным и человеку, если не от солнца? Энергия солнечного излучения поглощается хлорофиллом листьев и накапливается в органических углеводах, образующихся в результате синтеза воды и углерода. Хлорофилл обладает особым свойством восстанавливать углекислоту и соединять углерод с водой в различных пропорциях с образованием сахара и крахмала, в то время как жиры и растительные белки также образуются в результате аналогичной реакции. Все эти сложные тела являются хранилищами энергии; жизненно важные процессы окисления всего лишь высвобождают в человеческом теле энергию, которую хлорофилл растений впитал из солнечных лучей.

Таким образом, мы должны смотреть на солнце как на прямой источник всей энергии, которая оживляет поверхность земли. Солнце разгоняет ветры и поднимает воды моря к вершинам гор, образуя реки и стремительные течения, которые снова возвращаются в море; солнце согревает наши очаги, приводит в движение наши корабли и приводит в действие наши паровые машины. На нашей планете нет никаких признаков жизни или движения, которые не исходили бы прямо или косвенно от солнечных лучей.

Можно спросить, каким путем химическая энергия живого организма переходит в механическую энергию движения. Казалось бы, промежуточным этапом не может быть нагрев, как в паровой машине, поскольку необходимая температура была бы совершенно несовместима с жизнью.

Формула для определения эффективности термического трансформатора такова

$$(T - T') / T,$$

отношение разницы абсолютных температур в источнике и в стоке к абсолютной температуре в источнике. Калориметрические измерения показали, что эффективность человеческой машины составляет около одной пятой, *т.е.* она может преобразовывать 20 процентов поглощенной энергии. Обычная температура мышц составляет 38 ° C, или 311 ° абсолютных. Следовательно, мы имеем $(T - 311) / T = 0,20$, или $T = 388,75$ ° по абсолютному значению, *т.е.* 115,75° C. Таким образом, чтобы получить КПД в 20%. для обычного термотрансформатора с температурой 38 ° C на приемнике нам потребуется температура более 115 ° C на источнике. Такая температура была бы совершенно несовместима с целостностью живых тканей, и поэтому мы можем заключить, что человеческий организм не является тепловой машиной.

Мы действительно совершенно не осведомлены о способе преобразования химической энергии в кинетическую в живом организме; мы знаем только, что мышечное сокращение сопровождается изменением формы; в момент преобразования горение мышцы усиливается, и во время сокращения растянутое мышечное волокно имеет тенденцию приобретать сферическую форму. Именно это сокращение мышечного волокна производит механическое движение. Этап, который мы еще не до конца понимаем, - это физическое явление, которое вмешивается между высвобождением химической энергии и

возникновением мышечного сокращения. Профессор д'Арсонваль предполагает, что этот недостающий этап связан с изменением поверхностного натяжения жидкости в мышечном волокне. Поверхностное натяжение жидкости обусловлено несбалансированными силами сцепления, действующими на поверхностный слой молекул. Под действием когезионного притяжения молекулы внутри жидкости находятся в состоянии равновесия, одинаково притягиваясь во всех направлениях, но те, что находятся на поверхности жидкости, притягиваются к центру. Результирующей этих сил притяжения является давление, нормальное к поверхности, которое механически эквивалентно упругому натяжению, имеющему тенденцию уменьшать поверхность. Вследствие этого поверхностного натяжения жидкость имеет тенденцию принимать форму, при которой площадь ее поверхности минимальна, *т.е.* сферическую форму. Если такую сферу растянуть в цилиндр или волокно механическим натяжением, она сама сократится при отпуске; и если каким-либо образом увеличить поверхностное натяжение такого жидкого волокна, оно будет стремиться принять сферическую форму и сокращаться точно так же, как это делает мышечное волокно. Поверхностное натяжение жидкости зависит от ее химического состава; малейшая химическая модификация жидкости изменяет силу этого натяжения. Следовательно, мы можем объяснить механизм мышечного сокращения, предположив, что нервный импульс каким-то образом изменяет скорость горения в мышечном волокне, что это изменение вызывает кратковременное изменение химического состава мышечной клетки и что это изменение химического состава увеличивает поверхностное натяжение клетки в достаточной степени, чтобы спровоцировать ее сокращение до более сферической формы.

Оствальд представил очень полезную концепцию для изучения этого вопроса о поверхностной энергии. Поверхность жидкости содержит количество энергии, равное ее поверхностному натяжению, умноженному на ее площадь, следовательно, любое изменение либо площади, либо натяжения соответствует изменению ее энергии. Эта новая концепция представляет собой ценное дополнение к экспериментальному изучению физиологии мышечных действий, поскольку она дает нам некоторое представление о механизме, с помощью которого химическая энергия может быть преобразована в мышечное сокращение.

Каким бы ни был механизм трансформации в машине животного происхождения, мы должны учитывать те же величины, что и в других двигательных машинах. Это: (1) КПД; (2) потенциальная энергия; (3) мощность; (4) энергия, отдаваемая среде в виде тепла; (5) температура.

Таким образом, мышцы - это просто трансформаторы, преобразующие химическую энергию в механическую работу, причем уменьшение запасенной энергии в мышцах выражается ощущением усталости. Мышца может быть изучена в четырех различных фазах: (1) в состоянии покоя; (2) в состоянии напряжения; (3) при выполнении позитивной работы; (4) когда над этим ведется работа.

Когда мышца находится в состоянии напряжения, например, когда вес удерживается вытянутой рукой, мышца не производит никакой внешней работы. Вся проделанная работа преобразуется в тепло; точно так же, как это происходит в динамо-машине или паровом двигателе, вращение которого предотвращается тормозом. Мышечное сокращение вызывает усталость, даже если оно не выполняет никакой внешней работы. Мышца не в состоянии поддерживать даже вес самой вытянутой руки в течение сколько-нибудь значительного времени.

Мышца выполняет положительную работу, когда она поднимает вес или перемещает тело из одной точки в другую.

Четвертое состояние мышечного сокращения - это когда мышца выполняет негативную работу, *т.е.* Когда над ней выполняется работа, как, например, когда мы спускаемся по лестнице, или когда опускающийся вес давит на противоположную руку, которая пытается ее поддержать. В этом случае мышцы получают часть энергии, потерянной при опускании веса, и эта энергия проявляется в мышцах в виде тепла. Это увеличение количества тепла в мышце, выполняющей отрицательную работу, было ясно продемонстрировано калориметрическими экспериментами Хирна и термометрическими экспериментами Беклара. Наблюдения Хирна за калориметрией мышц показывают выработку тепла, соответствующую 150 калориям в час в состоянии покоя, 248 калориям в час при положительной работе и 287 калориям при отрицательной. Термометрические измерения Беклара также показывают, что температура мышцы повышается каждый раз, когда она сокращается, и что повышение температуры является наибольшим, когда мышца выполняет отрицательную работу, наименьшим - во время положительной работы и промежуточным - в состоянии напряжения.

В медицинской практике чрезвычайно важно проводить различие между этими различными формами мышечной активности. Существует огромная физиологическая разница между мышечным сокращением при выполнении положительной работы и мышечным сокращением без выполнения работы или при отрицательной работе. Подниматься по лестнице - значит сокращать мышцы с производительностью, равной весу тела, умноженному на высоту лестницы. Спускаться по лестнице - значит сокращать те же мышцы, но с производством отрицательной работы и, следовательно, с максимальным выделением тепла. Ходить по ровной земле - значит сокращать мышцы, практически не производя внешней работы; как в машине, вращающейся без трения в вакууме.

Мы видели, что падение потенциала и приток энергии являются необходимыми условиями для возникновения любого природного явления. Следовательно, мы можем предположить, что феномен ощущения также сопровождается падением потенциала и током энергии. Когда мы прикасаемся к горячему телу, происходит перетекание энергии от горячего тела к руке. Когда мы прикасаемся к холодному телу, возникает ток энергии в противоположном направлении, от руки к телу. Ранее считалось, и некоторые физиологи придерживаются этого мнения до сих пор, что главной характеристикой жизни является диспропорция между возбуждением и реакцией, которую оно вызывает у организма. Такой доктрины может придерживаться только тот, кто верит, по крайней мере неявно, что явления жизни сверхъестественны или, во всяком случае, отличаются по своей природе от всех других явлений; ибо диспропорция между возбуждением и реакцией, которую оно вызывает, никоим образом не ограничивается живыми существами. Эта диспропорция универсальна по своей природе и вполне соответствует физическим законам, которые управляют преобразованием энергии. Энергия живых существ является потенциальной энергией — факт, который слишком мало признавался. В случае рефлекторных действий это самоочевидно, потому что реакция немедленная и всегда одинаковая на один и тот же стимул. Как и во всех других преобразованиях, стимул заключается во вмешательстве минимального количества внешней энергии.

Задолго до открытия законов энергии Ламарк осознал и сформулировал этот факт. Он пишет: "Чем была бы растительная жизнь без возбуждений извне, чем была бы жизнь даже низших животных без этой причины?" В другом отрывке, ища силу, способную возбуждать

деятельность организма, он говорит: "Низшие животные формы, лишенные нервной системы, живут только с помощью возбуждений, которые они получают извне. У низших форм жизни эта возбуждающая сила заимствуется непосредственно из окружающей среды, в то время как у высших форм внешняя возбуждающая сила переносится внутрь живого существа и предоставляется в распоряжение индивида".

Это замечание о том, что движения живых существ не передаются, а возбуждаются, что внешнее возбуждение высвобождает только скрытую или потенциальную энергию в организме, показывает, что Ламарк проникал глубже, чем многие современные физиологи, в секреты биологической энергии. Мы тщетно ищем в учебниках физиологии какое-либо представление о потенциальной энергии живых существ или о возбуждающей силе как причине ощущения. Все действия живого организма являются рефлекторными. У каждого действия есть причина, и причиной органического действия является возбуждающая энергия извне, либо непосредственная, либо накопленная в нервной системе в результате внешнего впечатления, произведенного в какую-то предшествующую эпоху. Действия, которые явно не являются рефлекторными, являются просто запоздалыми рефлексам; мы приобрели способность подавлять, задерживать или изменять реакцию на внешний стимул, так что одно и то же возбуждение может определять реакции самого разного рода в соответствии с настроением, вызванным предыдущими впечатлениями. При тщательном исследовании ни одно наше действие не является автоматическим; каждое движение определяется впечатлениями, получаемыми извне. Действие без мотива, то есть без внешней определяющей причины, было бы действием без причины.

В заключение мы можем сформулировать этот общий принцип: энергия живого существа - это потенциальная энергия; ощущения представляют собой вмешательство внешней возбуждающей энергии, которая вызывает ответную реакцию, *т.е.* Преобразование потенциальной энергии, уже накопленной в организме, в реальную энергию движения и жизнедеятельности.

ГЛАВА X

СИНТЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

Ход развития всех отраслей естествознания был одинаковым. Он начинается с наблюдения и классификации объектов и явлений природы. Следующий шаг — разложить более сложные явления, чтобы определить физический механизм, лежащий в их основе, - наука стала аналитической. Наконец, когда механизм явления понят, становится возможным воспроизвести его, повторить, направляя физические силы, которые являются его причиной, — наука теперь стала синтетической.

Современная биология признает, что явления жизни являются физико-химическими по своей природе. Хотя мы еще не смогли точно определить природу физических и химических процессов, лежащих в основе всех жизненных явлений, каждое новое открытие подтверждает нашу веру в то, что физические законы жизни идентичны законам

минерального мира, и современные исследования все больше и больше стремятся доказать, что жизнь порождается теми же силами и подчиняется тем же законам, которые регулируют неживую материю.

Эволюция биологии была такой же, как и у других наук; она была последовательно описательной, аналитической и синтетической. Подобно тому, как синтетическая химия началась с искусственного образования простейших органических продуктов, так и биологический синтез должен сначала довольствоваться созданием форм, сходных с формами низших организмов. Подобно другим наукам, синтетическая биология должна идти от более простого к более сложному, начиная с воспроизведения наиболее элементарных жизненных явлений. Позже мы можем надеяться объединить и ассоциировать их и понаблюдать за их развитием под различными внешними воздействиями.

Синтез жизни, если он когда-нибудь произойдет, не будет сенсационным открытием, которое мы обычно связываем с этой идеей. Если мы примем теорию эволюции, то первая заря синтеза жизни должна состоять в создании форм, промежуточных между неорганическим и органическим миром, — форм, которые обладают лишь некоторыми из рудиментарных атрибутов жизни, к которым в ходе развития под эволюционным воздействием окружающей среды будут медленно добавляться другие атрибуты.

Давным-давно проницательный гений Ламарка ухватился за идею, что знание жизни может быть получено только путем сравнения органических и неорганических явлений. Он пишет: "Если мы хотим приобрести реальное знание о том, что представляет собой жизнь, из чего она состоит, каковы причины и законы, порождающие это удивительное явление природы, и как жизнь может быть источником множества форм, представленных нам живыми организмами, мы должны прежде всего с большим вниманием рассмотреть различия, которые существуют между неорганическими и живыми телами; и для этой цели мы должны сравнить бок о бок основные характеристики этих двух классов тел".

Синтетическая биология включает морфогенез, физиогенез и синтетическую органическую химию, которая также является разделом синтетической биологии, поскольку имеет дело с составом составляющих живых организмов. Синтетическая органическая химия уже является хорошо организованной наукой, важной из-за уже достигнутых ею успехов. О двух других ветвях биологического синтеза, морфогении, синтезе живых форм и структур, и физиогении, синтезе функций, вряд ли можно пока сказать, что они существуют как науки. Однако они не менее законны и не менее важны, чем родственная наука синтетическая химия.

Хотя морфогенез и физиогенез не существуют как хорошо организованные и признанные науки, уже существует ряд работ на эту тему, выполненных энтузиастами — первопроходцами - независимыми искателями, которые не побоялись сойти с путей официальной науки, чтобы побродить в новых и доселе неисследованных областях.

Первым экспериментом в физиогении было открытие осмоса аббатом Нолле в 1748 году. Он наполнил мочевого пузыря свиньи спиртом и погрузил его в воду. Он заметил, что мочевого пузыря постепенно увеличивался в объеме и раздувался, вода проникала внутрь мочевого пузыря быстрее, чем мог выходить алкоголь. Это был первый зарегистрированный эксперимент в области физики питания и роста.

В 1866 году Мориц Траубе из Бреслау открыл осмотические свойства определенных химических осадков. Как я указывал в журнале *Revue Scientifique* за март 1906 года, Траубе изготовил первую искусственную ячейку и изучил осмотические свойства мембран и способ их производства. Это замечательное исследование должно было стать отправной точкой синтетической биологии. Однако единственным результатом стало появление бесчисленных возражений, и вскоре оно кануло в полное забвение. "Есть, - говорит Траубе, - ряд людей, совершенно слепых ко всякому прогрессу, которые при появлении нового открытия думают только о возражениях, которые могут быть выдвинуты против него". Работы Траубе были собраны и опубликованы его сыном (*Gesammelte Abhandlungen von Moritz Traube*, 1899).

В 1867 году в Англии появилась статья доктора Э. Монтгомери из больницы Святого Фомы, *Посвященная образованию так называемых клеток в телах животных*. Эта статья, опубликованная издательством Churchill & Sons, является наиболее интересным вкладом и отличается большой оригинальностью. Автор говорит: "Не может быть никакого компромисса между принципами клеточной теории и выводами, сделанными в этой статье; различие является тщательным. Либо единицы, из которых состоит организм, обязаны своим происхождением тому или иному виду размножения, таинственному акту той таинственной сущности жизни, посредством которого, в дополнение к своим материальным свойствам, они становятся наделенными теми особыми метафизическими способностями, составляющими жизнеспособность. Или, с другой стороны, органические единицы, подобно кристаллическим частицам неорганических тел, образуют организм за счет сходных присущих ему качеств, фактически образуют живое существо, обладающее всеми присущими ему свойствами, как только определенные химические соединения помещаются в определенные физические условия. Если первое мнение верно, то мы должны ясно понимать, что естественным образом существует разрыв в последовательности эволюции, пропасть между органическим и неорганическим миром, которую никогда не удастся преодолеть. Если, напротив, верна последняя точка зрения, то она убедительно доказывает непрерывность развития, постепенное химическое совершенствование, кульминацией которого являются те высокие соединения, которые под воздействием окружающей среды проявляют те сложные изменения, которые называются жизненно важными.

"Конечно, это не вопрос безразличия или пустых слов, если высшей целью физиологии, по общему признанию, является обнаружение различных функций, зависящих от жизненных усилий множества высших организмов, и открытие специфических стимуляторов, которые естественным образом запускают эти функции в действие. Или, с другой стороны, если понимать, что это скорее состоит в тщательном исследовании последовательности химических дифференцировок и сопровождающих их физических изменений, которые приводят к образованию множества тканей, которые, как установлено, обладают определенными специфическими свойствами, проявляют определенные действия благодаря дальнейшему потоку химических и физических модификаций".

В 1871 году появились мемуары голландского ученого Хартинга под названием *Исследование синтетической морфологии в области искусственного производства органических веществ*. Эти мемуары, по словам профессора Р. Дюбуа, стоили Хартингу более тридцати лет работы. "Синтетическая морфология пока находится только в зачаточном состоянии, будем надеяться, что за время, равное тому, которое уже истекло с момента первого искусственного производства мочевины, она добьется прогресса, равного прогрессу ее старшей сестры, синтетической химии".

В *Comptes Rendues* за 1882 год есть следующая заметка Д. Монье и Карла Фогта:—

"1. Фигурные формы, обладающие всеми характеристиками органического роста, клеток, пористых каналов, трубочек с разделительными стенками и гетерогенных гранул, могут быть получены искусственно в соответствующих жидкостях путем взаимного действия двух солей, которые при двойном разложении образуют одну или несколько нерастворимых солей. Одна из составляющих солей должна находиться в растворе, в то время как другая соль должна быть введена в твердом виде.

"2. Такие формы органических элементов, ячеек, трубочек и т.д., могут быть получены либо в органической жидкости, либо в полуорганической жидкости, такой как сукрат извести, либо в абсолютно неорганической жидкости, такой как силикат соды. Таким образом, больше не может быть и речи об отличительных формах, характеризующих органические тела в отличие от неорганических.

"3. Составные элементы этих псевдоорганических форм зависят от природы, вязкости и концентрации жидкостей, в которых они производятся. Некоторые вязкие жидкости, такие как растворы гуммиарабика или хлорида цинка, не образуют этих форм.

"4. Форма этих искусственных псевдоорганических продуктов постоянна, так же постоянна, как и кристаллические формы минеральных солей. Эта форма настолько характерна, что часто может служить для распознавания минимальной доли вещества в смеси. Наблюдение за этими формами является таким же чувствительным средством анализа, как и наблюдение за спектром. Таким образом, мы можем, например, отличить щелочные бикарбонаты от сесквикарбонатов или карбонатов.

"5. Форма этих искусственных псевдоорганических элементов зависит главным образом от природы кислотного радикала твердой соли. Таким образом, сульфаты и фосфаты обычно образуют трубки, в то время как карбонаты образуют ячейки.

"6. Как правило, эти псевдоорганические формы возникают только из веществ, которые содержатся в живом организме. Таким образом, сукрат кальция порождает органические формы, в то время как сукрат стронция или бария этого не делает. Однако есть некоторые исключения из этого правила, такие как сульфаты меди, кадмия, цинка и никеля.

"7. Эти искусственные псевдоорганические элементы окружены настоящими мембранами, диализирующими мембраны, которые пропускают через себя только жидкости. Эти искусственные клетки имеют гетерогенное клеточное содержимое и производят внутри себя грануляции, которые расположены в регулярном порядке. Таким образом, они и по строению, и по форме абсолютно подобны клеточным элементам, составляющим живые организмы.

"8. Вероятно, что неорганические элементы, присутствующие в естественной протоплазме, могут играть важную роль в определении формы, которую принимают изображенные элементы организма".

В 1902 году профессор Квинке из Гейдельберга, посвятивший свою жизнь физике жидкостей, так пишет об органогенной способности жидкостей в статье, опубликованной в *Анналах физики* под названием "Unsichtbare Flüssigkeitschichten": "В 1837 году Густав Роуз получил органические формы путем осаждения из неорганических растворов. Осаждая хлорид кальция карбонатами аммония и другими щелочными карбонатами, он получил небольшие сферы, которые росли и превращались в кальциевые ромбоэдры. Он также

получил хлопьевидный осадок, который позже стал гранулированным и показал под микроскопом формы, подобные морской звезде, и диски с волнистыми границами. Во Фрейберге, в некоторых сталактитах, Роуз также обнаружил формы, состоящие из шести пирамидальных ячеек вокруг сферического ядра.

В 1839 году Линк получил сферические гранулы путем осаждения растворов кальция или свинца поташем, содой или уголекислотой. Эти сферические грануляции через некоторое время объединились, образовав кристаллы. Сульфат железа, аммонизированный сульфат цинка, сульфат меди, осажденный сероводородом, и солевые растворы, осажденные ферроцианидом калия, - все они дают гранулированные осадки или диски, гранулированное происхождение которых вполне заметно.

"Рунге в 1855 году первым описал образование периодических химических осадков. Он использовал промокательную бумагу в качестве среды, в которой различные химические вещества встречались путем диффузии. Таким образом, он изучал взаимные реакции растворов ферроцианида калия, хлорида железа и сульфатов меди, железа, марганца и цинка. Цветные осадки появлялись в разных местах бумаги и периодически исчезали с большими или более длительными интервалами. Рисунок, образуемый этими окрашенными осадками, меняется в зависимости от концентрации солевых растворов или от добавления щавелевой кислоты, солей калия или аммиака и других веществ. Эти рисунки показаны на ряде красивых иллюстраций, которые сопровождают работу. В этом случае капиллярность бумаги обязательно оказывает определенное влияние на формирование фигур, но в дополнение к этому Рунге допускает вмешательство другой неизвестной до сих пор силы, которую он называет "Bildungstrieb", формирующего импульса, который он считает элементарной жизненной силой в формировании растений и животных.

"В 1867 году Р. Беттгер получил древовидные формы и разветвления металлической растительности, высевая фрагменты размером с горошину кристаллов хлоридов железа, хлорида кобальта, сульфата марганца, нитрата и хлорида меди и т.д. в водный раствор силиката натрия с удельным весом 1,18. Эти формы обусловлены, как я покажу позже, поверхностным натяжением маслянистого осадка; Беттгер не дает объяснения этому явлению.

"Этой силе, именно. что поверхностного натяжения, также из-за клеточных форм, полученных путем Траубе в 1866 году. Они были получены из желатина и танина, из ацетата меди или свинца и из нитрата ртути в водном растворе ферроцианида калия. Эти клетки и осажденные мембраны также изучались Рейнке, Ф. Коном, Х. де Фриз и мной, которые все наблюдали регрессию этих мембран, которые, будучи коллоидными в начале реакции, быстро становятся рыхлыми. Это полностью опровергает мнение Траубе относительно строения осажденных мембран. Он предположил, что они состоят из масс твердого вещества с меньшими отверстиями, которые не пропускают мембраногенное вещество, в то время как большие отверстия, через которые оно может проходить, вскоре закрываются осадком, а сама мембрана, таким образом, растет в процессе инвагинации.

Позже сам Траубе рассматривал осажденную мембрану как тонкий твердый студенистый слой, в котором механически запуталась вода.

Тамман также провел ряд экспериментов с растворами хлоридов и сульфатов тяжелых металлов, а также с растворами фосфатов, силикатов, ферроцианидов и других солей. Он обнаружил, что большинство из этих мембран были проницаемы для мембраногенного раствора. Согласно Тамману, все осажденные мембраны представляют собой

гидратированные вещества, и некоторые из них, такие как ферроцианид меди и таннат желатина, при первом образовании полностью сопоставимы с жидкими мембранами по всем своим свойствам.

Грэм уже получал бесцветные желе путем взаимодействия концентрированных растворов ферроцианида калия и сульфата меди. Бютчли также недавно описал микроскопический вид осажденных мембран, образованных ферроцианидом калия и уксусной кислотой или хлоридом железа.

"Подобно Линке и Густаву Роузу, Фаминцин получил сфероидальные осадки путем взаимного действия концентрированных растворов хлорида кальция и карбоната калия. Они растут быстро и внезапно, с концентрическими слоями, показывающими сферическое или сплюснутое ядро. Он также получил формы, напоминающие сферокристаллы и зерна крахмала.

"Хартинг, Фогельсанг, Хансен, Бютчли и другие изучали структуры, которые образуются при взаимном действии хлорида кальция и щелочных карбонатов. Фогельсанг обнаружил небольшие известковые тела в аморфном и шаровидном осадке, образованном хлоридом кальция и карбонатом аммония. Он описывает сферы, прикрепленные друг к другу, везикулы и солеобразные структуры. Количество этих сфероидов увеличивается за счет добавления желатина. Хансен также изучал метод Хартинга по образованию сферокристаллов путем воздействия щелочных карбонатов и фосфатов на соли кальция в присутствии белка и желатина. Он считает, что последние замедляют кристаллизацию и способствуют образованию сферокристаллов.

Позже я покажу, что желатин и белок существенно модифицируют осадок, а не просто действуют как каталитические вещества. Исследования Фаминцина, повторенные и расширенные Бютчли, показывают, что сферокристаллы образуются в результате реакции хлорида кальция с карбонатом калия без присутствия желатина или белка. Бютчли изучал сфероиды карбоната извести с помощью поляризованного света и обнаружил, что слои были попеременно положительно и отрицательно поляризованы".

Такова история морфогенеза, описанная в 1902 году авторитетным специалистом, наиболее подходящим для этой задачи, профессором Квинке из Гейдельберга.

В 1904 году профессор Мориц Бенедикт из Вены рассмотрел весь вопрос в своей книге *"Кристаллизация и морфогенез"*, французский перевод которой появился в библиотеке Малоина. Эта книга полна оригинальных и наводящих на размышления идей; в ней описываются работы Хартинга, и особенно Ван Шроена, который считает, что кристаллы, подобно живым существам, зарождаются как клетка и растут в процессе инвагинации. Профессор Бенедикт сделал полное резюме этого вопроса в статье "Происхождение форм жизни", которая появилась в *Научном "Ревю"* в 1905 году.

В 1904 году профессор Дюбуа из Лиона представил Биологическому обществу отчет о своих интересных экспериментах по цитогенезу минералов. В том же году он выступил в Лионском университете с лекцией на тему "Сотворение живых существ", которая была опубликована А. Шторком из Лиона.

Одним из наиболее активных современных морфогенистов является профессор Эррера из Мексики, чьи работы проиллюстрированы в *Атласе плазмогении* доктора Жюля Феликса из Брюсселя, одного из самых увлеченных последователей новой науки. Резюме работы Эрреры опубликовано в *"Воспоминаниях общества Альсате"*, Мексика.

Библиографию работ, появившихся по этому вопросу, можно найти в книге профессора Рамблера из Геттингена, *Aus dem Lückengebiet zwischen Organischer und Anorganischer Materie*, 1906.

В 1907 году доктор Луис Разетти из Карракаса опубликовал великолепное исследование по этому предмету под названием *Что такое жизнь*.

В 1907 году доктор Мартин Кукук из Санкт-Петербурга повторил и расширил эксперименты Р. Дюбуа и опубликовал свои результаты под названием *Archigonia, Generatio Spontanea*, Лейпциг, Амброзиус Барт.

Батлер Берк из Кембриджа также провел серию экспериментов с солями радия и бария, аналогичных экспериментам Дюбуа.

В 1909 году Альбер и Александр Мэри из Бове опубликовали интересное исследование по этому вопросу под названием *"Экспериментальные исследования примитивного поколения"*, опубликованные Жюлем Руссе.

Я должен упомянуть также среди работ по синтетической биологии публикации профессора Отто Леманна из Карлсруэ и, в частности, *Флуссиге Кристал и Теорию жизни*, Лейпциг, Амброзиуса Барта.

Профессор Уленхут из Берлина опубликовал свое исследование осмотического роста железа в щелочных гипохлоритах под названием *Untersuchungen ueber Antiformin*, Берлин, Юлиус Шпрингер.

Профессор Гариэль провела серию исследований по осмотическому росту, которые опубликованы в книге Абрахама *"Рекомендации по физическому развитию"*.

А. Леча Марцо из Вальядолида опубликовал свои исследования по выращиванию анилиновых красителей в *Каталонской медицинской книге*, 1909, под названием *От новой искусственной флоры*.

Доктор Морис д'Аллюэн из Лилля также опубликовал книгу об осмотических новообразованиях под названием *"Стефан Ледюк в роли крез ля ви?"*

Темы многочисленных мемуаров, которые я сам опубликовал за последние десять лет по этому вопросу, рассматриваются по-новому на страницах этого тома, а краткое изложение моих исследований осмотического роста уже появилось в *Документах Прогресса*, сентябрь 1909г.

Таким образом, мы показали, что синтетический морфогенез уже привлек внимание определенного числа ярых исследователей. Морфогенез теперь имеет свои методы и свои результаты, и физиогенез также развивается бок о бок с ним, поскольку функция - это всего лишь результат формы. Поле для исследований открыто, и нужны только рабочие, чтобы собрать обильный урожай.

ГЛАВА XI

ОСМОТИЧЕСКИЙ РОСТ — ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОГЕНЕЗА

Явление осмотического роста, несомненно, представлялось взору каждого химика; но для открытия явления недостаточно просто иметь его перед глазами. До Ньютона многие математики видели спектр, хотя бы в виде радуги; многие наблюдатели до Франклина наблюдали молнию. Обнаружить явление - значит понять его, дать ему надлежащую интерпретацию и осознать важность роли, которую оно играет в схеме природы.

Осмотические мембраны.—Некоторые вещества в концентрированном растворе обладают свойством образовывать осмотические мембраны при контакте с другими химическими растворами. Когда растворимое вещество в концентрированном растворе погружают в жидкость, которая образует с ним коллоидный осадок, его поверхность покрывается тонким слоем осадка, который постепенно образует вокруг него осмотическую мембрану.

Осмотическая мембрана - это не полупроницаемая мембрана, как иногда описывают, *т.е.* мембрана, проницаемая для воды, но непроницаемая для растворенного вещества. Это мембрана, которая оказывает различное сопротивление прохождению воды и различных веществ в растворе, будучи очень проницаемой для воды, но в гораздо меньшей степени для различных растворенных веществ.

Растворимое вещество, окруженное таким образом осмотической мембраной, представляет собой то, что Траубе назвал искусственной клеткой. В такой ячейке растворенные вещества имеют очень высокое осмотическое давление, расширяющую силу, подобную силе пара в котле; молекулы растворенного вещества оказывают давление на стенки расширяемой ячейки и раздувают ее, как газ в воздушном шаре. Это давление увеличивает объем ячейки, и, как следствие, вода проникает внутрь через проницаемую мембрану и еще больше растягивает ячейку. Самые красивые осмотические ячейки могут быть получены путем опускания фрагмента плавленого хлорида кальция в насыщенный раствор карбоната калия или трехосновного фосфата калия, при этом хлорид кальция оказывается окруженным осмотической мембраной из карбоната или фосфата кальция. Эта минеральная мембрана удивительно прозрачна и прекрасно растягивается. Удивительно наблюдать контраст между твердыми кристаллическими формами обычного мела и этими мягкими прозрачными эластичными мембранами, которые имеют тот же химический состав. Эти осмотические ячейки из карбоната извести или фосфата извести состоят из прозрачной мембраны, окружающей жидкое содержимое, и твердого ядра из хлорида кальция. Их форма представляет собой яйцевидную или приплюснутую сферу, и они могут достигать в диаметре семи сантиметров и более.

Чаще всего осмотический рост состоит из нескольких клеток, а не из одной крупной клетки. Первая клетка дает начало второй клетке или пузырьку, а эта - третьей, и так далее, так что в конце концов мы получаем ассоциацию микроскопических клеточных полостей, разделенных осмотическими стенками, — структуру, полностью аналогичную той, с которой мы встречаемся в живом организме.

Мы можем легко представить себе механизм, с помощью которого осмотическая клетка порождает такую колонию микроскопических пузырьков. Мембраногенное вещество, хлорид кальция, равномерно диффундирует во все стороны от твердого ядра и образует осмотическую мембрану, где оно вступает в контакт с раствором. Эта сферическая мембрана расширяется под действием осмотического давления и постепенно увеличивается в

размерах. Поскольку площадь поверхности сферы увеличивается пропорционально квадрату ее радиуса, когда клетка вырастет вдвое по сравнению с первоначальным диаметром, каждый квадратный сантиметр мембраны получит за счет диффузии лишь четверть такого же количества мембраногенного вещества. Следовательно, через некоторое время мембрана не будет в достаточной степени питаться мембраногенным веществом, она разрушится, и образуется отверстие, через которое внутренняя жидкость просачивается наружу, образуя, в свою очередь, новое мембранное покрытие для себя. Это объясняет тот факт, что все живые организмы образованы колониями микроскопических элементов, хотя мы не должны забывать, что природа часто добивается схожих результатов разными способами.

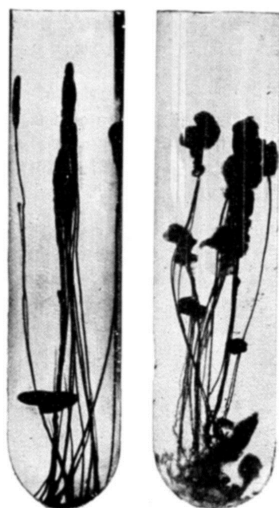


Рис. 35. Рис. 36.

Осмотический рост ферроцианида меди.

Осмотические наросты могут быть получены из большого количества химических веществ. Наиболее легко выращиваемыми являются растворимые соли кальция в растворах щелочных фосфатов и карбонатов, о которых мы уже упоминали. Мы также можем обратить вспять это явление, выращивая фосфаты и карбонаты в растворах солей кальция, но в этом случае осмотический нарост не так красив.

Различные силикаты играют важную роль в строении раковин и скелетов морских животных. Большинство солей металлов, и особенно растворимые соли кальция, вызывают явление осмотического роста при посеве в растворы щелочных силикатов. Таким образом, используя различные силикаты и варьируя их пропорции и концентрации, мы можем получить огромное разнообразие осмотических наростов.

Хорошим решением для начала является следующее:—

Силикат калия, сп. гр. 1,3 (33° Б)	60 гр.
Насыщенного раствора карбоната натрия	60 гр.
Насыщенного раствора двухосновного фосфата натрия	30 гр.
Дистиллированной воды	до 1 литра.

Фрагмент расплавленного хлорида кальция, опущенный в этот раствор, вызовет быстрый рост тонких осмотических форм, которые могут достигать высоты 20 или 30 сантиметров.

Небольшие гранулы также можно приготовить из одной части сахара и двух частей медного купороса и высеять в следующем растворе, который необходимо поддерживать в тепле до завершения роста:—

Десять процентов. раствор желатина	от 10 до 20°с.
Насыщенный раствор ферроцианида калия	от 5 до 10°с.
Насыщенный раствор хлорида натрия	от 5 до 10°с.
Теплая вода (от 32°до 40°С)	100°с.

В этом растворе мы можем получить осмотические наросты, которые могут достигать высоты 40 сантиметров и более, растительные формы, корни, древовидные побеги, листья и конечные органы. Эти наросты становятся стабильными, как только желатин остынет и застынет, и их можно носить с собой, не опасаясь травмирования (рис. 35).

Осажденные осмотические мембраны очень широко распространены в природе. Профессор Уленхут наблюдал рост железа в щелочном гипохлорите натрия (вода Javelle), а Леча-Марцо продемонстрировал осмотический рост различных красителей, используемых для микроскопии, в жидкостях, используемых для фиксации препаратов.

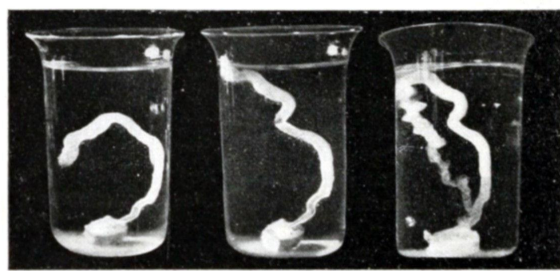


Рис. 37.-Осмотический рост червеобразных.

(a) серповидный нарост.

(b) Рост, нарушенный повышающим давлением раствора.

(c) Рана зарубцевалась, ножка продолжает расти вниз.

Теперь мы знаем, что физической силой, которая создает эти наросты, является осмотическое давление, поскольку малейшее рассмотрение покажет несостоятельность обычного объяснения, согласно которому рост происходит из-за простой разницы в плотности или из-за аморфных осадков вокруг пузырьков газа. Они действительно могут повлиять на явление, но никоим образом не могут рассматриваться как его причина.

Один из наших экспериментов проливает значительный свет на этот вопрос. В стеклянный сосуд мы поместили концентрированный раствор карбоната калия, к которому было добавлено 4%. из насыщенного раствора трехосновного фосфата калия. В этот раствор мы опустили фрагмент плавленого хлорида кальция и получили червеобразный нарост диаметром около 6 мм. Этот нарост был изогнутым, сначала он рос вверх, затем на небольшое расстояние по горизонтали и, наконец, вниз. Направленное вверх давление раствора, которое было тяжелее, чем рост, в конечном итоге разрушило его в верхней части кривой, как показано на *b*, рис. 37. Жидкое содержимое роста начало сочиться через рану, но через некоторое время она зарубцевалась, и стебель снова продолжал упрямо расти вниз, вопреки гидростатическому давлению. Вследствие этого давление поросль становится

извилистой, как бы раскачиваясь из стороны в сторону, как лодка против ветра. Мы приводим три последовательных фотографии этой поросли, достигшей длины более 10 дюймов. Мы часто получали эти червеобразные наросты, образующие серию таких петель, которые растут вверх и снова опадают много раз подряд.

Осмотические образования на воздухе.—Некоторые из этих искусственных клеток можно заставить расти из раствора в воздух. Для этого мы помещаем кусочек CaCl_2 в неглубокую стеклянную посуду с плоским дном, просто покрывая кусочек жидкостью. Наилучшим решением является следующее:—

Карбонат калия, насыщенный раствор	76 частей.
------------------------------------	------------

Сульфат натрия, насыщенный раствор	20,,
------------------------------------	------

Трехосновный фосфат калия, насыщенный раствор	4,,
---	-----

Хлорид кальция окружает себя осмотической мембраной; вода проникает внутрь образовавшейся таким образом ячейки, и в результате получается красивая прозрачная сферическая ячейка, верхушка которой вскоре выступает из неглубокой жидкости. Клетка продолжает увеличиваться за счет поглощения жидкости у своего основания и может вырасти из жидкости в воздух на целых один или два сантиметра.

Это самое впечатляющее зрелище - осмотическое образование, наполовину водное, наполовину воздушное, поглощающее воду и соли своим основанием и теряющее воду и летучие продукты за счет испарения с вершины, в то же время поглощающее и растворяющее газы атмосферы.

Надземная часть осмотического нароста иногда приобретает специализированную форму. На вершине нароста развивается что-то вроде короны или чашечки, окруженной круглой стенкой. Эта чашечка содержит жидкость и продолжает подниматься в воздух, подобно стеблю растения, унося с собой жидкость, которая была поглощена основанием ростка.

Предыдущие эксперименты дают нам объяснение любопытным явлениям, проявляемым так называемыми ползучими солями. Иногда через несколько месяцев обнаруживается, что физиологический раствор, оставшийся на дне сосуда, поднялся до верха сосуда. Сформированные таким образом ячеистые перегородки будут простирались от дна до верха сосуда, и не только так, но и вся оставшаяся жидкость будет заключена в верхних ячейках.

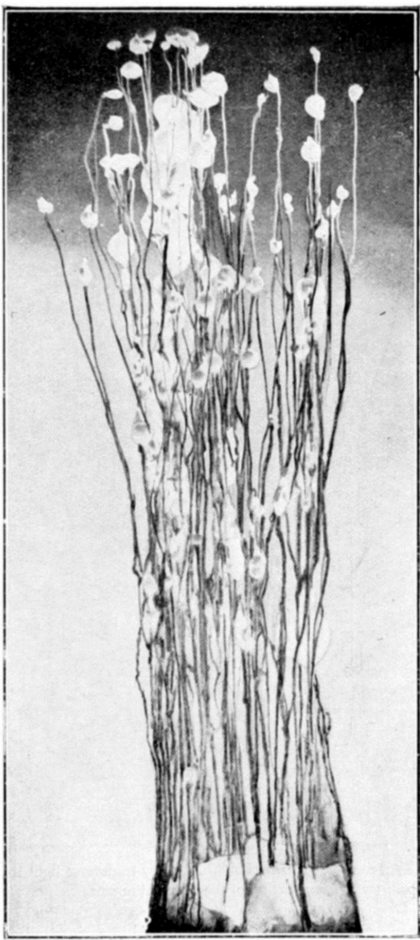


Рис. 38.— Осмотический рост, полученный путем посева смеси CaCl_2 и MnCl_2 в раствор щелочного карбоната, фосфата и силиката. Ножка и конечные органы разного цвета. (Одна треть от натурального размера.)

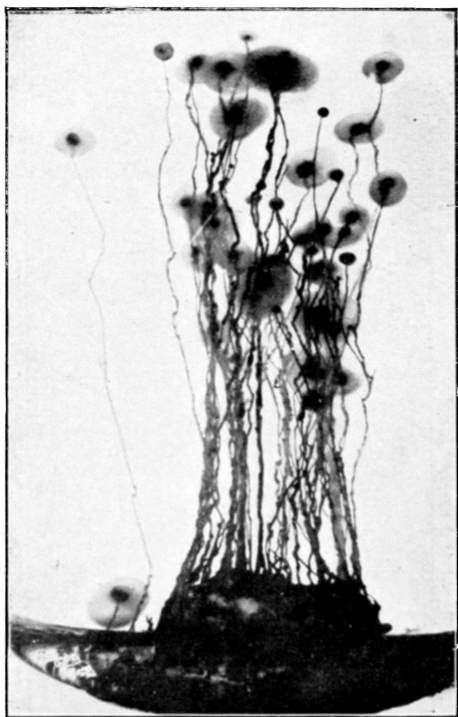


Рис. 39.— осмотический рост, сфотографированный поперечным светом, чтобы показать строение конечных органов.

Усвоение и выведение.—Подобно живому существу, осмотический рост поглощает питательные вещества из среды, в которой он растет, и эти питательные вещества он ассимилирует и организует. Если мы сравним вес осмотического нароста с весом минерального фрагмента, который его породил, мы обнаружим, что минеральное зерно увеличилось в весе во много сотен раз. Точно так же, если мы взвесим жидкость до и после эксперимента, мы обнаружим, что она потеряла эквивалентный вес. Поглощенное вещество осмотического происхождения также должно подвергнуться химической трансформации, прежде чем оно сможет быть ассимилировано, то есть прежде, чем оно сможет стать частью роста. Например, хлорид кальция, растущий в растворе карбоната калия, превращается в карбонат кальция. $\text{CaCl}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + 2\text{KCl}$. Таким образом, осмотический рост может выбирать между предлагаемыми ему веществами, отвергая калий из питательной жидкости и поглощая воду и радикал CO_3 , в то же время он устраняет и выделяет хлор, который может быть обнаружен в питательной жидкости после реакции.

Из всех обычных физических сил только осмотическое давление и сам осмос, по-видимому, обладают этой замечательной способностью к организации и морфогенезу. Вызывает удивление, что об этой своеобразной способности до сих пор почти не подозревали.



Рис. 40.— Осмотический рост в растворе KNO_3 , показаны органы, похожие на позвоночник.

Осмотические новообразования.—Если мы поседем фрагменты хлористого кальция в растворы щелочных карбонатов, фосфатов или силикатов, мы получим замечательное разнообразие нитевидных и линейных наростов, которые могут достигать высоты 30 или 40 сантиметров. Некоторые из них настолько гибкие, что стебли изгибаются, образуя изгибы вокруг центра роста, подобно листьям травы. Если мы разбавим эту же жидкость, то по мере того, как она становится менее концентрированной, наросты становятся более изогнутыми, разветвленными, дендритными, как у деревьев или кораллов.



Рис. 41.— Концевые органы, похожие на сережки, развивающиеся в растворе хлорида аммония.

При культивировании осмотических растений мы также можем соответствующими средствами получить концевые органы, напоминающие цветы и семенные коробочки. Для этого мы ждем, пока рост значительно ускорится, а затем добавляем в питательный раствор большое количество жидкости, чтобы уменьшить концентрацию в сто раз или более. Затем из концов стеблей вырастают сферические концевые органы, которые в процессе дальнейшего роста могут приобретать коническую или грушевидную форму.

Накладывая друг на друга слои жидкости различной концентрации и уменьшающейся плотности, можно получить узлы и вздутия в осмотических наростах, отмечающих поверхности отделения жидкости. Когда молодая поросль в самом расцвете сил достигает поверхности воды, она горизонтально распускается по поверхности жидкости тонкими листьями или листовидными разрастаниями различной формы.

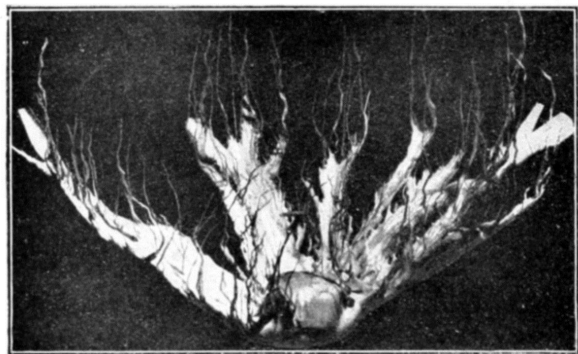


Рис. 42.- осмотическая мадрепора.

Преобладающим влиянием в морфогенезе является осмотическое давление, осмотические формы которого варьируются в зависимости от его интенсивности, распределения и способа применения. Каким бы ни был химический состав жидкости, сходные осмотические силы, модифицированные одинаковым образом, приводят к образованию форм, имеющих семейное сходство. Химическая природа жидкости, однако, не полностью не влияет на форму. Таким образом, присутствие нитрата в маточном растворе приводит к образованию заострений или шипов. Хлорид аммония в растворе ферроцианида калия образует наросты в форме сережек, а щелочные хлориды имеют тенденцию образовывать червеобразные наросты.

Коралловые наросты также могут быть получены с использованием соответствующих химических растворов. Для этой цели раствор силиката, карбоната и двухосновного фосфата следует разбавить до половины крепости с добавлением 2-4% из концентрированного раствора сульфата натрия или нитрата калия.

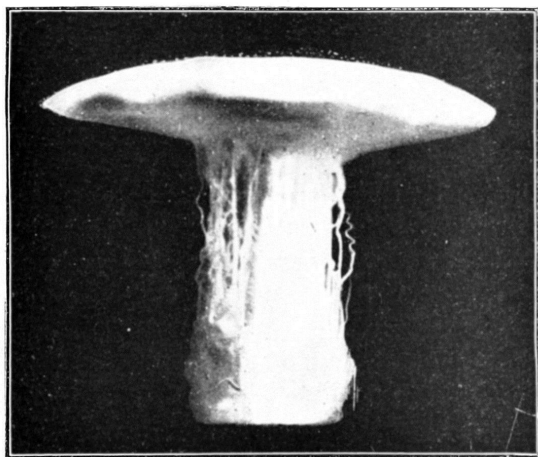


Рис. 43.- осмотическая форма гриба.

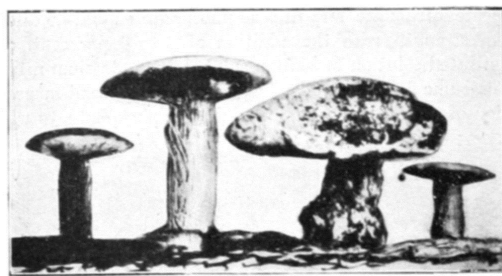


Рис. 44.—Осмотические грибы.

Кораллоподобные формы также могут быть выращены из полунасыщенного раствора силиката, карбоната и двухосновного фосфата, к которому добавлено 4% из концентрированного раствора сульфата натрия или нитрата калия. При этом мы можем получить красивые наросты, подобные мадрепорам или кораллам, образованные центральным ядром, от которого расходятся большие листья, похожие на лепестки цветка. В присутствии нитрата калия образуются заостренные листья с шиповидными отростками, напоминающими формы алоэ и агавы.

Самые замечательные грибоподобные формы могут быть получены, если начать рост в концентрированном растворе, а затем осторожно налить слой дистиллированной воды на поверхность жидкости. Сходство настолько совершенное, что некоторые из наших продуктов были приняты за грибы даже экспертами. Ножка этих осмотических грибов образована пучками тонких полых волокон, в то время как верхняя поверхность шляпки иногда гладкая, а иногда покрыта мелкими чешуйками. На нижней поверхности колпачка видны следы расходящихся ламелей, которые иногда пересекаются концентрическими слоями, параллельными внешней поверхности колпачка. В этом случае на нижней поверхности шляпки виден ряд отверстий или каналов, подобных тем, которые наблюдаются у многих разновидностей грибов.

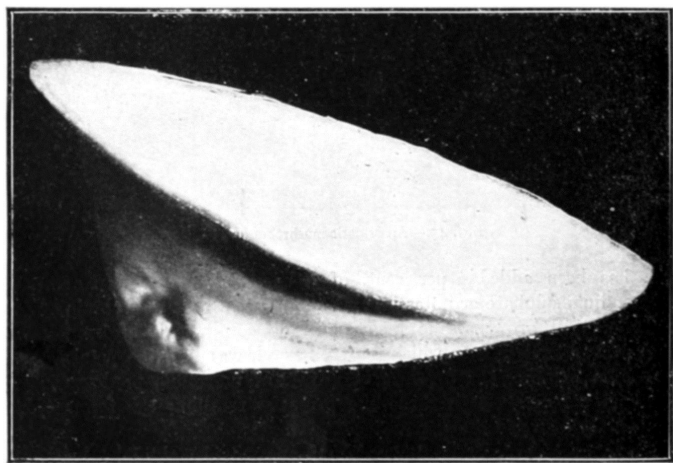


Рис. 45.— раковинообразный известковый осмотический нарост.

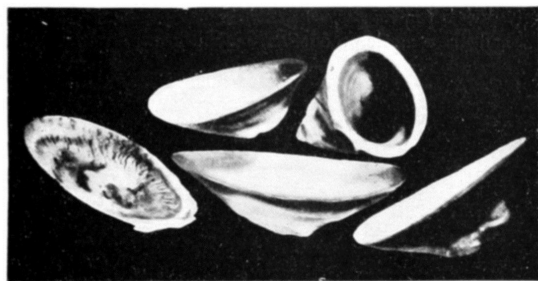


Рис. 46.-Осмотические наросты в виде оболочек.

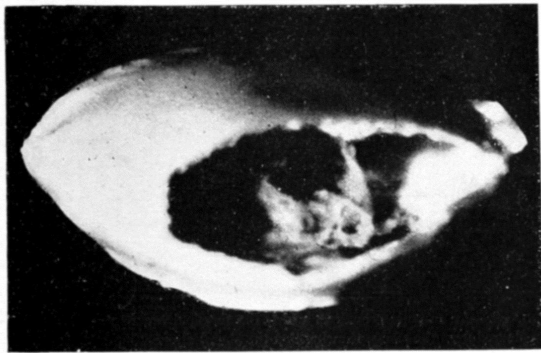


Рис. 47.— Осмотический рост капсулы. Капсула была разорвана, чтобы показать внутреннюю структуру.

Оболочечные осмотические продукты можно выращивать, высевая минерал в очень неглубокий слой концентрированного раствора, на глубину сантиметра или меньше, и поливая его менее концентрированным слоем раствора. Изменяя раствор или концентрацию, мы можем, таким образом, выращивать бесконечное разнообразие форм раковин.

Капсулы или закрытые оболочки могут быть изготовлены таким же образом путем наложения слоя несколько большей концентрации. Эти капсулы состоят из двух клапанов, соединенных вместе по окружности. Нижний клапан толстый и прочный, в то время как верхний клапан может быть прозрачным, просвечивающим или непрозрачным, но всегда тоньше и хрупче нижнего.

Сульфат железа, посеянный в силикатный раствор, приводит к образованию наростов зеленого цвета, вьющихся или травянистых, обвивающихся спиралями вокруг более крупных и твердых известковых наростов.

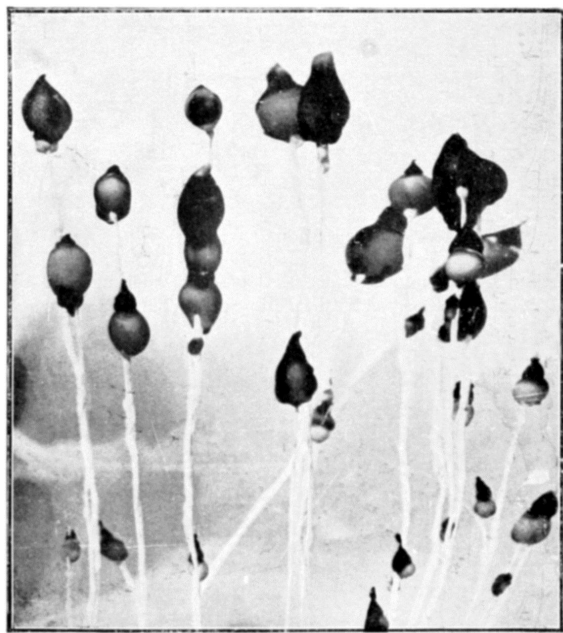


Рис. 48.- осмотический рост, при котором концевые органы окрашены иначе, чем стебли, показывая, что химическая эволюция отличается.

При использовании солей марганца, хлорида, цитрата или сульфата стадии эволюции растения различаются не только разнообразием формы, но и изменением цвета. Таким образом, мы можем получить конечные органы черного или золотисто-желтого цвета на белой ножке. Аналогичным образом мы можем получить грибы с белой ножкой и желтой шляпкой, нижняя поверхность которых черная.

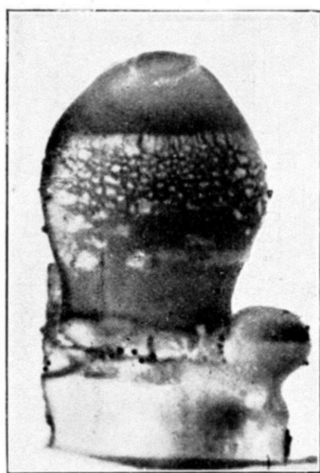


Рис. 49.- Осмотический рост капсулы с фигурной лентой.

Очень красивые наросты можно получить, посеяв хлористый кальций в раствор карбоната калия с добавлением 2% насыщенного раствора трехосновного фосфата калия. Это даст капсулы с фигурными поясами, вертикальными линиями через равные промежутки времени или поперечными полосами, состоящими из выступающих точек, которые можно увидеть у многих морских ежей. Эти капсулы закрыты на верхушке колпачком, образующим крышечку, так что иногда кажется, что они состоят из двух клапанов. Время от времени мы можем видеть, как верхний клапан приподнимается под действием внутреннего осмотического давления, показывая студенистое содержимое через отверстие.

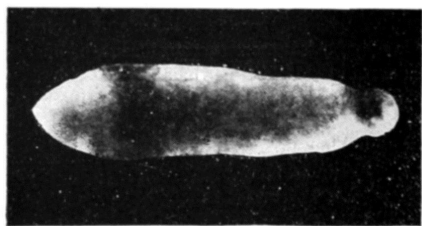


Рис. 50.—Осмотический рост амебоидов, свободно плавающих в маточном растворе.

Известковые капсулы, выращенные в насыщенном растворе карбоната или фосфата калия, часто принимают правильную яйцевидную форму. Если им дать загустеть, их можно вынуть из воды, не разбивая, и тогда они будут иметь вид настоящих оолитов.



Рис. 51.- Прозрачная осмотическая ячейка, в которой можно увидеть белое известковое ядро. Вершина клетки имеет осмотическое удлинение.

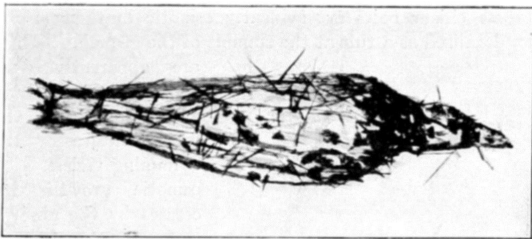


Рис. 52.—Осмотический рост амебодов с длинными кристаллическими ресничками, плавающими в маточном растворе.

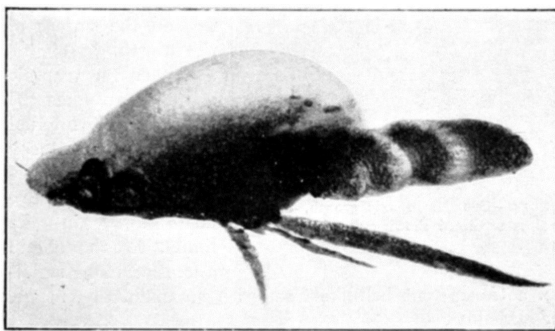


Рис. 53.—Осмотический рост, плавающий в маточном растворе. Похожее на плавник продолжение образовалось между двумя слоями жидкости разной концентрации.

Осмотические образования можно разделить на две группы. Некоторые, такие как силикатные образования, являются фиксированными. Подобно овощам, они развиваются, становятся организованными, растут, увядают, отмирают и распадаются на том месте, где их посеяли. Другие, особенно те, которые выращиваются на щелочных карбонатах и фосфатах, имеют два периода эволюции: первый - фиксированный, а второй - блуждающий. В течение первого периода их удельный вес больше, чем у окружающей среды, и они неподвижно покоятся на дне сосуда, в который их высевают. По мере роста они поглощают воду, и их удельный вес уменьшается. Мало-помалу они поднимаются в жидкости и, наконец, приобретают значительную подвижность, легко вытесняясь любым течением. Следовательно, очень трудно сфотографировать эти подвижные осмотические наросты, которые плавают в маточном растворе и часто снабжены продолжениями в виде ресничек, а иногда и плавниками, которые колышутся при движении. Некоторые из этих ресничных волосков, очевидно, имеют осмотическое происхождение и локализуются в виде пучка на вершине отростка. Другие, по-видимому, имеют кристаллическую структуру и распределены по всей поверхности плавательных пузырьков. Осмотический рост увеличивается за счет поглощения воды из концентрированного раствора. Таким образом,

когда раствор изначально насыщен, он становится перенасыщенным и осаждает эти длинные реснитчатые кристаллы на поверхности наростов.

Когда капсула раскалывается надвое под воздействием внутреннего осмотического давления, может случиться так, что крышечка или верхний клапан всплывут в жидкости. Таким образом, мы получаем свободно плавающий организм, прозрачную колокольчатую форму с волнистой бахромой, как у Медузы.



Рис. 54.— Осмотический рост капсулы, два разделенных клапана, показывающие коллоидное содержимое.

Часто одно семя или подвой дают начало целой серии осмотических разрастаний. Сначала образуется пузырь, а затем вокруг пузырька появляется сокращение, и это сокращение усиливается до тех пор, пока часть пузырька не отсекается и не уплывает свободно, как амба. То же явление можно наблюдать и с червеобразными наростами, когда из одного семени часто таким образом образуется целая серия амблиформных или червеобразных образований.

Следует помнить, что при осмотическом росте активной растущей частью является студенистое содержимое внутри, а внешний видимый нарост представляет собой всего лишь скелет или оболочку. Иногда нам удастся зацепить один из этих длинных червеобразных наростов, разорвать известковую оболочку и извлечь длинный волнистый полупрозрачный студенистый цилиндр. Очертания этого цилиндра настолько четко очерчены, что заставляют нас усомниться в том, могла ли тонкая коллоидная мембрана, которая четко отделяет его от жидкости, образоваться так быстро, или, возможно, ее уже нет внутри его известковой оболочки.

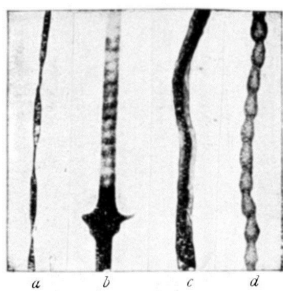


Рис. 55.-Микрофотография, показывающая структуру различных осмотических стержней.
(Увеличено на 25 диаметров.)

(a) сульфит натрия.

(b) бихромат калия.

(c) сульфид натрия.

(d) бисульфит натрия.

Когда большая капсулярная оболочка, такая, как мы описали, лопается, она выбрасывает часть или все свое содержимое в виде студенистой массы, которая сохраняет форму полости. Аналогично, если мы внезапно разбавим маточный раствор вокруг осмотической ячейки, он лопнет в результате процесса расхождения и выбросит в жидкость часть своего содержимого, которое, таким образом, может превратиться в самостоятельный пузырь. Таким образом, одна осмотическая клетка может образовывать целую серию независимых пузырьков.

Возможно даже омолодить осмотический нарост, который с возрастом стал дегенерировать. Осмотическая продукция стареет и умирает, когда она израсходовала осмотическую силу, содержащуюся внутри ее капсулы. Истощенный таким образом кальциево-осмотический рост можно восстановить, переведя его в концентрированный раствор хлорида кальция. Он поглотит это и, таким образом, получит возможность возобновить свою эволюцию и рост, когда его снова поместят в исходный маточный раствор.

Структура осмотических наростов не менее разнообразна, чем их форма. Их ножки сформированы из расположенных рядом клеток или пузырьков, образующих полости, разделенные осмотическими стенками. Иногда составляющие везикулы сохраняют свою первоначальную форму, так что ножка имеет вид ряда шариков. Или клетки могут быть более или менее сплюснутыми, с широко разделенными делениями. Или, опять же, путем рассасывания отделов может быть образована трубка, настоящий сосуд или канал, в котором могут циркулировать жидкости.

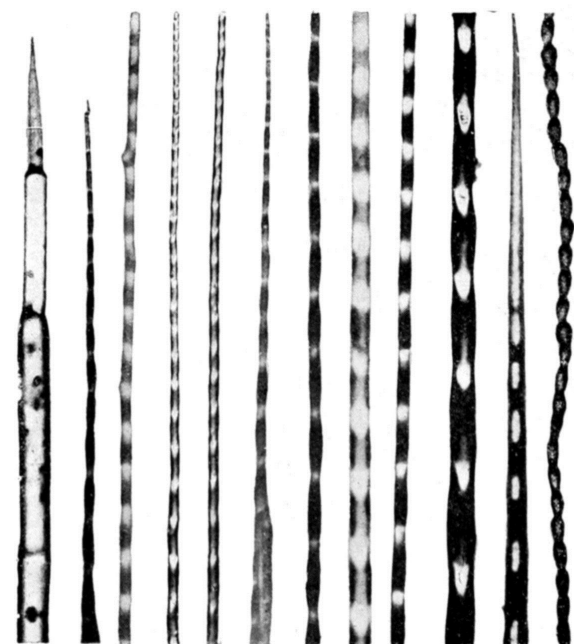


Рис. 56.-Микрофотография, показывающая структуру осмотических стеблей.
(Увеличено на 40 диаметров.)



Рис. 57.— Фотография осмотического листа с прожилками.

Листовидные разрастания, или осмотические листья, также представляют большое разнообразие как по внешнему виду, так и по структуре. Жилки могут быть продольными, веерообразными или пенниформными. Иногда мы встречали листья с выровненной или линейчатой поверхностью, дающей наиболее красивые дифракционные цвета. Обычная структура, однако, везикулярная или ячеистая, как показано на рис. 58. На фотографиях мы часто видим лакуны, но все эти лакуны представляют собой закрытые полости, появление которых обусловлено прозрачностью клеточных стенок.



Рис. 58.—Микрофотография осмотического листа, показывающая клеточную структуру.

В заключение мы можем сказать, что осмотические образования состоят из ансамбля замкнутых полостей различной формы, содержащих жидкости и разделенных осмотическими мембранами, составляющих настоящие ткани. Это строение имеет самое близкое сходство с строением живых организмов. Можно ли сомневаться в том, что простые условия, вызывающие осмотический рост, часто реализовывались в течение прошлых эпох земли? Какую роль сыграл осмотический рост в эволюции живых форм и какие следы его действия мы можем надеяться обнаружить сегодня? Осмотический рост дает нам волокнистые силикаты, фосфатные конкреции, кораллы и мадрепоры; он также дает нам образования, напоминающие один из "атоллов", известковые наросты, поднимающиеся подобно короне из воды. Геолог вполне может рассмотреть, какую роль осмотический рост мог сыграть в образовании различных горных пород - кремнистых, известковых, баритовых, магнезиальных, волокнистых и конкреционных пород и атоллов. Палеонтолог полагается на различные формы, обнаруженные в его породах, чтобы классифицировать свои образцы; исходя из наличия раковины, он делает вывод о присутствии жизни. Поскольку, однако,

формы, которые кажутся органическими, могут быть просто продуктом осмотического роста, очевидно, что он должен пересмотреть свои выводы. То же самое можно сказать о различных формах кораллов или грибовидных наростов. В присутствии кальцинированного или силицированного гриба мы больше не можем с уверенностью утверждать о существовании жизни, не принимая во внимание возможность того, что рассматриваемый образец может быть осмотическим продуктом.

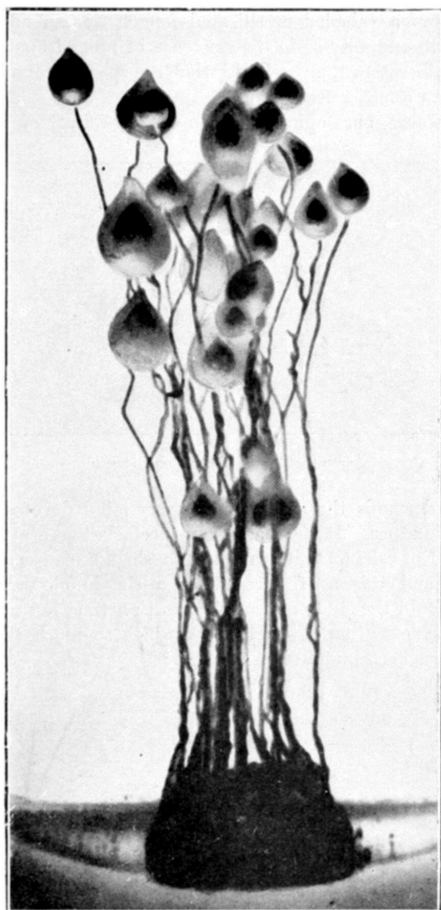


Рис. 59.- Осмотический рост с зародышеобразными концевыми органами. (Одна треть от натурального размера.)



Рис. 60.- Группа осмотических растений.

Каким бы ни было наше мнение относительно его значения, осмотический рост требует внимания каждого ума, посвященного изучению природы. Это чудесное зрелище - видеть, как бесформенный фрагмент соли кальция превращается в скорлупу, мадрепору или грибок, и это в результате простого физического воздействия. Почему изучение осмотического

роста должно привлекать меньше внимания, чем образование кристаллов, на которое в прошлом было потрачено так много времени и труда?

ГЛАВА XII

ФЕНОМЕНЫ ЖИЗНИ И ОСМОТИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ —ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИОГЕНЕЗА

Невозможно дать определение жизни не только потому, что она сложна, но и потому, что она различна у разных живых существ. Явления, составляющие жизнь человека, далеко отличаются от тех, которые составляют жизнь полипа или растения; и в более простых формах жизнь настолько сокращена, что часто бывает трудно решить, принадлежит ли данная форма к животному, растительному или минеральному царству. Учитывая невозможность определить точную демаркационную линию между живой и неживой материей, удивительно обнаружить, что так много внимания уделяется предполагаемому фундаментальному различию между жизненно важными и неживыми явлениями. На самом деле нет резкого разделения, нет четкого предела, где заканчивается неживая природа и начинается жизнь; переход постепенный и незаметный, ибо точно так же, как живой организм состоит из тех же веществ, что и минеральный мир, так и жизнь представляет собой совокупность тех же физических и химических явлений, которые мы находим в остальной природе. Все предполагаемые атрибуты жизни обнаруживаются и вне живых организмов. Жизнь образуется в результате объединения физико-химических явлений, их гармоничной группировки и последовательности. Гармония - это условие жизни.

Мы совершенно неспособны отделить живые существа от других творений природы по их составу, поскольку они состоят из одних и тех же минеральных элементов. Все питательные вещества растений — вода, углерод, азот, фосфор, сера - до их поглощения и ассимиляции принадлежали к минеральному царству. Углерод и вода превращаются в сахар и жир, азот и сера - в белок, и считается, что образовавшиеся таким образом соединения принадлежат органическому миру. Эти органические тела снова возвращаются в минеральный мир под действием животных и микробов, которые превращают углерод в карбонаты, а азот, серу и фосфор - в нитраты, сульфаты и фосфаты. Следовательно, жизнь - это всего лишь фаза в оживлении минеральной материи; можно сказать, что вся материя содержит в себе сущность жизни, потенциальную в минерале, актуальную в животном и растительном. Приток и отток материи происходит поочередно и непрерывно, из минерального мира в живой и обратно из живого в минеральный мир.

В то же время существует непрерывный поток энергии. Органическая материя содержит потенциальную энергию, энергию химического соединения; и во время прохождения через живое существо она постепенно лишается этой энергии и возвращается в минеральный мир. Первым шагом в синтетической биологии является добавление потенциальной энергии к веществу, восстановление оксида, разделение соли на ее радикалы, получение некоторой эндотермической химической комбинации. Энергия, накопленная в результате таких процессов, может быть снова высвобождена в виде тепла, того огня, который древние с удивительным предвидением давным-давно признали символом жизни.

Предпринимались попытки дифференцировать живые существа по природе их химических комбинаций, так называемых органических соединений. Предполагалось, что только жизнь может реализовать это и вызвать выработку различных веществ, образующих структуру живых существ. Однако в последние годы большое количество этих органических веществ было искусственно произведено в лаборатории, и оставшиеся синтетические проблемы того же порядка, что и те, которые уже были решены.

По мере того, как человек учится более глубоко познавать минеральное царство и живой мир, различия между ними исчезают. Таким образом, предполагалось, что живое существо должно характеризоваться его чувствительностью, *то есть* способностью реагировать на внешние впечатления. Но эта реакция - общее явление природы; нет действия без противодействия. Точно так же реакцию на внутренние впечатления, немедленную или отсроченную, нельзя рассматривать как характеристику жизни, поскольку осмотические образования проявляют в этом направлении самую тонкую чувствительность. Поскольку, таким образом, способность к реагированию является общим свойством материи, характеристик жизни у низших организмов всего три, а именно. питание, рост и размножение путем деления или почкования. Но кристаллы также получают питание и растут в воде для кристаллизации. Более того, они имеют специфическую форму, и каждый биолог, желающий провести параллель между явлениями живого и минерального мира, имеет обыкновение сравнивать живые существа с кристаллами. Говорят, что кристаллы имеют правильные геометрические формы, выступающие углы и прямолинейные грани, в то время как живые существа имеют округлые формы без какой-либо геометрической регулярности. Другое предполагаемое различие состоит в том, что живые существа питаются за счет инвагинации, в то время как кристаллы увеличиваются за счет приращения. Опять же, говорят, что живые существа усваивают и трансформируют пищу, которую они поглощают, в то время как кристаллы не трансформируют вещество, которое добавляется извне в их структуру. Другое предполагаемое отличие состоит в том, что живые существа выделяют продукты своего сгорания, в то время как эволюция кристалла не сопровождается таким выделением. Наконец, считается, что явление размножения является исключительной характеристикой живого существа; но кристаллы также могут быть воспроизведены и размножены путем введения фрагментов кристаллического вещества в перенасыщенный раствор.

Сходство между осмотическим наростом и живым организмом гораздо ближе, чем между живым существом и кристаллом, поскольку существует аналогия не только по форме, но также по структуре и функциям. Чтобы найти физическую параллель с жизнью, мы должны обратиться к осмосу и осмотическому росту, а не к кристаллам и кристаллизации.

Первая и наиболее поразительная аналогия между живыми существами и осмотическими наростами - это аналогия формы. Морфогенная сила осмоса порождает бесконечное разнообразие форм. Осмотический рост, даже на первый взгляд, наводит на мысль о живом существе. Достаточно взглянуть на фотографии осмотических продуктов, чтобы распознать формы мадрепор, грибов, водорослей и раковин. Удивительно, что силой, способной на такие удивительные результаты, до сих пор почти полностью пренебрегали.

Вторая аналогия между жизненно важными и осмотическими новообразованиями заключается в их структуре, поскольку оба они образованы группами клеток или пузырьков, разделенных осмотическими мембранами. Осмотический стержень, образованный рядом клеточных полостей, разделенных осмотическими мембранами, имеет большое структурное сходство с узловатыми стеблями бамбука, тростника и тому

подобного. Листовидные разрастания осмотических наростов образованы колониями клеток или пузырьков, расположенных правильными линиями, которые могут представлять различные паттерны иннервации: параллельные, пальчатые или пеннатные. Многие пластинчатые осмотические наросты имеют полосатые параллельные линии, попеременно непрозрачные и прозрачные. Конечные органы также имеют свои обволакивающие оболочки, мякоть и ядро, как и растительные формы.

Аналогии с функцией не менее замечательны, чем аналогии с формой и структурой. Питание, возможно, является самым элементарным и необходимым жизненным явлением, поскольку без питания жизнь невозможна. Питание заключается в поглощении пищевых веществ из окружающей среды, химической трансформации таких веществ, их фиксации путем инвагинации в каждой части организма и выбросе продуктов сгорания в окружающую среду. Осмотические образования поглощают материал из среды, в которой они растут, подвергают его химическому превращению и выбрасывают отходы реакции в окружающую среду. Более того, осмотический рост осуществляет выбор веществ, которые предлагаются для его потребления, жадно поглощая одни и полностью отвергая другие. Таким образом, осмотический рост отражает все явления питания, фундаментальную характеристику жизни.

В живом организме питание приводит к росту, развитию и эволюционированию. Рост и развитие также следуют за поглощением и фиксацией пищи посредством осмотической продукции. Осмотическая продукция растет, ее форма развивается и усложняется, а ее вес увеличивается. Осмотический нарост может весить во много сотен раз больше минерала, содержащегося в растворе, при этом маточный раствор теряет соответствующий вес. Таким образом, рост, который до сих пор считался существенным явлением жизни, также является явлением, общим для всех осмотических процессов.

Можно сказать, что осмотические наросты, как и живые существа, имеют эволюционное существование, и аналогия верна вплоть до мельчайших деталей. В ранней юности, в начале жизни, явления обмена, роста и организации очень интенсивны. По мере взросления эти обмены постепенно замедляются, и рост приостанавливается. С возрастом обмены все еще продолжаются, но медленнее, а затем они постепенно прекращаются и, наконец, полностью прекращаются. Осмотический нарост мертв, и мало-помалу он разлагается, теряя свою структуру и форму.

Мембраны осмотического роста утолщаются с возрастом и, таким образом, оказывают постоянно растущее сопротивление осмотическому обмену. Молодые осмотические клетки кажутся набухшими и набухшими, в то время как старые становятся вялыми, расслабленными и морщинистыми. Аналогичные явления наблюдаются и в живых организмах: известковая инфильтрация сосудов представляет собой утолщение и отверждение осмотических мембран. Полнота ребенка и набухание молодых клеток являются всего лишь выражением высокого осмотического напряжения, в то время как расслабление и вялость тканей в пожилом возрасте свидетельствуют о падении осмотического давления во внутриклеточных тканях.

Циркуляция питательной жидкости также может наблюдаться при осмотическом росте, как и в живом организме. Если мы возьмем известковый нарост с длинными разветвленными стеблями и значительно разбавим маточный раствор, мы можем увидеть потоки жидкости, вытекающие из верхушки нароста, — потоки, которые становятся видимыми из-за мутных осадков, которые они вызывают. Тот же ток также становится видимым в самих стеблях

благодаря движению грануляций и пузырьков газа внутри осмотических ячеек. Очевидно, что какая-то такая циркуляция должна существовать, ибо как могла образоваться мембрана в 30 сантиметрах от семени, если бы мембраногенное вещество не циркулировало по стеблю? Краткое рассмотрение покажет, что толчок происходит из-за осмотического давления, а не из-за простой разницы в плотности, поскольку жидкость, поднимающаяся по стержню, представляет собой концентрированный раствор соли кальция, намного более плотный, чем маточный раствор, и можно видеть, что поток жидкости после подъема по стержню снова возвращается через жидкость.

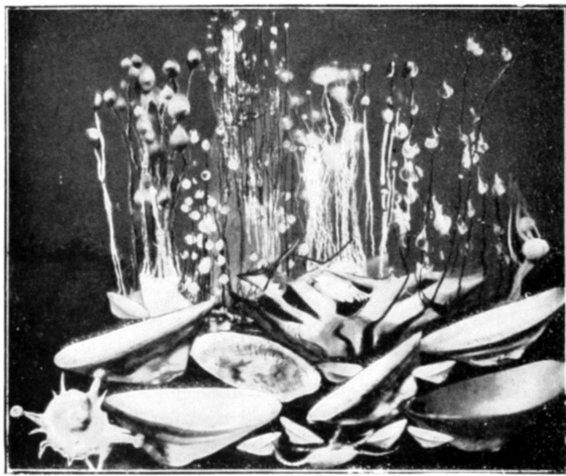


Рис. 61.- Группа осмотических форм.

Организация долгое время рассматривалась как одна из основных характеристик жизни, *т.е.* Расположение материи таким образом, чтобы создавать оживленную и эволюционную форму, сопровождающуюся преобразованием энергии. Но осмотические образования также представляют собой организации, наделенные теми же способностями, и физический механизм, лежащий в основе их формирования, тот же, что определяет организацию живой материи.

Явления осмотического роста показывают, как обычные минеральные вещества, карбонаты, фосфаты, силикаты, нитраты и хлориды, могут имитировать формы живой природы без вмешательства какого-либо живого организма. Обычных физических сил вполне достаточно, чтобы создать формы, подобные формам живых существ, закрытые полости, содержащие жидкости, разделенные осмотическими мембранами, с тканями, подобными тканям жизненно важных органов по форме, цвету, эволюции и функциям.

Достаточно лишь взглянуть на фотографии этих осмотических наростов, чтобы оценить удивительное разнообразие формы. Разнообразие функций не менее очевидно, и во многих случаях, особенно в случае с солями марганца, различие функций различных областей проявляется в различиях в цвете. Когда большая осмотическая ячейка выступает за пределы маточного раствора и поднимается в воздух, очевидно, что функция поглощения жидкости должна быть локализована в погруженной части. В других случаях мы имеем дело с локальным выделением газа, что может быть продемонстрировано выращиванием фрагмента хлорида кальция в маточном растворе, состоящем из следующих насыщенных растворов:—

Карбонат калия	76 частей.
Сульфат калия	16 „
Трехосновный фосфат калия	46 „

В течение всего периода роста происходит обильное выделение пузырьков газа, которое четко ограничено поясом вокруг основания нароста, а иногда также шапочкой на вершине.

Поскольку морфологические различия различных частей являются всего лишь результатом различий в эволюции, *т.е.* функциональных различий различных частей, мы можем считать, что осмотические образования обладают способностью организовываться подобно живым существам.

Осмотический нарост может быть поврежден, и рана задерживает его рост и развитие, подобно болезни или несчастному случаю у живого существа. Рана при осмотическом продуцировании также может зарубцеваться и покрываться мембраной, когда рост возобновится точно так же, как у живого существа.

Осмотический рост является преобразователем энергии. Он увеличивается в объеме, вытесняя маточный раствор и, таким образом, выполняя внешнюю работу. Температура осмотического роста выше температуры его среды, поскольку химическая реакция, очагом которой он является, сопровождается выделением тепла. Мы очень мало знаем о преобразовании энергии, которое происходит при производстве осмоса, но мы можем с уверенностью сказать, что оно способно преобразовывать как химическую, так и осмотическую энергию в тепло и механическое движение.

Осмотическое производство - это арена сложных химических явлений, которые производят настоящий метаболизм. Давно известно, что диффузия и осмос могут определять различные химические превращения. Х. Сент-Клер Девиля продемонстрировал, что некоторые нестабильные соли частично разлагаются при диффузии. Таким образом, во время диффузии квасцов сульфат калия отделяется от сульфата алюминия. Аналогичным образом, когда происходит диффузия хлорида или ацетата алюминия, кислоты отделяются от алюминия. Это разложение является результатом различного сопротивления, которое среда оказывает диффузии различных ионов. Эта разница в сопротивлении может даже вызывать разницу потенциалов между двумя средами, аналогичную разнице потенциалов в живых организмах. Часто также разница в гидратации химических веществ по обе стороны от осмотической мембраны определяет химическую реакцию, которая, как и все другие химические реакции, сопровождается соответствующим преобразованием энергии. Изучение этих химических метаморфоз и превращений энергии при осмотическом росте открыло новый предмет для экспериментальных исследований в области органической химии.

Коагуляция.—Существует весьма примечательная аналогия между явлениями коагуляции, наблюдаемыми у живых существ, и явлениями, которые происходят, когда жидкость внутри осмотического ростка вступает в контакт с маточным раствором. Когда сок растения или кровь животного попадает в воздух или воду окружающей среды, он свертывается, *то есть* меняет жидкую консистенцию на желеобразную. Точно так же, когда жидкость, находящаяся внутри осмотического ростка, просачивается в маточный раствор, она образует студенистый осадок. Это студенистое осаждение представляет собой физико-химическое явление той же природы, что и коагуляция. Именно изучая коагуляцию в жидкостях менее сложных, чем кровь, мы можем надеяться прояснить механизм этого процесса, который представляет собой просто физико-химическое явление, в точности аналогичное студенистому осаждению. Фосфат кальция всегда склонен к коагуляции; его называют студенистым фосфатом извести, и мы уже видели, как легко трехосновный фосфат кальция принимает форму красивых прозрачных коллоидных мембран, имеющих студенистую текстуру.

Мы можем получить коллоидные осадки, в точности аналогичные коагулированному альбумину, путем смешивания слабого раствора хлорида кальция с карбонатом калия или трехосновным фосфатом. Подобно альбумину, этот осадок образует хлопья и медленно осаждается в виде студенистой коллоидной массы. Подобно альбумину, этот кальциевый раствор коагулируется при нагревании; раствор кальциевой соли летучей кислоты при нагревании образует осадок, который имеет вид альбумина, коагулированного при нагревании.

Наконец, Артюс и Пажес показали, что кровь не свертывается, когда она лишена солей кальция путем добавления щелочных оксалатов, фторидов или цитратов, и что обработанная таким образом кровь восстанавливает свою свертываемость при добавлении растворимой соли кальция. Свертывание молока - это также осаждение соли кальция. Следовательно, коагуляция, по-видимому, представляет собой просто коллоидное осаждение соли кальция.

Диффузия и осмос - элементарные явления жизни. Все жизненно важные явления возникают в результате контакта двух коллоидных растворов или двух жидкостей, разделенных осмотической мембраной. Следовательно, изучение физики диффузии и осмоса является самой основой синтетической биологии.

Живое существо проявляет два вида движений: те, которые являются результатом раздражения извне, и те, которые определяются возбуждением, возникающим изнутри. У высших животных стимул или возбуждающая энергия, исходящая от окружения, может быть бесконечно мала по сравнению с количеством преобразованной энергии. Более того, реакция на идентичное возбуждение может настолько различаться, что придает этим различным реакциям видимость спонтанности. На самом деле никакой спонтанности нет, поскольку разница в реакции определяется предыдущими внешними впечатлениями, которые оставили свой след в механизме. На самом деле не существует такой вещи, как спонтанное действие, поскольку каждое действие живого существа имеет своей конечной причиной стимул или возбуждение, приходящее извне.

Движения второй категории также обусловлены возбуждением, но стимул исходит изнутри организма. Эти движения состоят главным образом из изменений питания или изменений кровообращения и дыхания; они ритмичны по своему характеру и, вероятно, вызваны теми же химико-физическими причинами, которые определяют ритмические движения вне живого организма.

Точно так же осмотические наросты представляют собой два вида движений: внешние движения и те, которые связаны с их питанием. Свободно осмотический нарост, плавающий в маточном растворе, изменит свое положение и форму под влиянием малейшего внешнего возбуждения или вибрации. Он реагирует на любое изменение температуры или на небольшую разницу в концентрации, возникающую при добавлении одной капли воды, и реагирует на любое внешнее воздействие смещением или деформацией.

Осмотический рост также показывает признаки движений, связанных с его питанием, и эти движения ритмичны, подобно движениям дыхания или кровообращения в живом организме. Рост осмотической продукции проявляется не как непрерывный процесс, а периодически. Вода проходит через мембрану, повышает давление и растягивает клетку; сначала клеточная стенка сопротивляется из-за своей эластичности, затем она внезапно расслабляется, поддаваясь осмотическому давлению и выпячиваясь в более тонком месте на поверхности; внутреннее давление внезапно падает, и рост приостанавливается.

Этот ритмичный рост лучше всего наблюдать, высевая в раствор трехосновного щелочного фосфата гранулы, состоящие из порошкообразного хлорида кальция, смоченного глицерином, к которому добавлен 1% из одноосновного фосфата кальция. Эксперимент организован таким образом, чтобы сгибать или наклонять растущие стебли, которые выходят из этих зерен. Это можно сделать, осторожно налив поверх маточного раствора слой воды или менее концентрированного раствора. По мере повышения внутреннего осмотического давления поникший конец веточки набухает и постепенно приподнимается вверх, а затем внезапно снова опускается на несколько миллиметров. Мы часто наблюдали это ритмичное движение в течение часа или больше — медленное постепенное поднятие конца ветки и быстрое падение, повторяющееся примерно каждые четыре секунды.

Могут возразить, что субстанция осмотического роста постоянно претерпевает изменения, тогда как живой организм преобразует в свою собственную субстанцию постороннюю материю, которую он заимствует из окружающей среды. Различие, однако, является лишь кажущимся. Субстанция живого существа также постоянно претерпевает химические изменения; она не остается неизменной ни на одно мгновение. Мы видим свидетельство этого изменения в возрастной эволюции; сущность взрослого человека - это не сущность младенца. У некоторых живых организмов, таких как насекомые, особенно у эфемерид, которые существуют недолго, это изменение вещества происходит даже быстрее, чем при осмотическом росте.

Было высказано возражение, что осмотические продукты нельзя сравнивать с живыми организмами, поскольку они не содержат альбуминоидного вещества. Это означает рассматривать жизнь как субстанцию и смешивать синтез жизни с синтезом альбумина. Если альбумин когда-либо будет получен путем синтеза в лаборатории, это, вероятно, будет мертвый альбумин. Все живые организмы содержат альбумин; вероятно, это связано с тем, что альбуминоидное вещество особенно приспособлено для образования осмотических мембран. Наши осмотические продукты состоят из тех же элементов, что и те, из которых состоят живые существа; осмотический рост, полученный путем посева нитрата кальция в раствор карбоната калия с фосфатом и сульфатом натрия, содержит все основные элементы живого организма, а именно углерод, кислород, водород, азот, серу и фосфор.

Весь растительный мир образуется в результате осмотического роста минеральных веществ, за исключением небольшого количества органических веществ, содержащихся в семенах.

Важнейшей проблемой синтетической биологии является не столько синтез альбуминоидов, сколько восстановление углекислоты. В природе это восстановление осуществляется за счет лучистой энергии солнца, за счет каталитического действия хлорофилла.

Физико-химическое изучение осмотического роста еще только начинается; мы лишь указали метод, путь открыт, и проблем, ожидающих решения, легион. Требуется только работа, и все больше работы и работников. Следует проводить эксперименты с химически нестабильными веществами, такими как альбуминоиды, веществами, которые легко соединяются и снова диссоциируют, попеременно поглощая и отдавая потенциальную энергию, составляющую сущность жизни. Следует также проводить эксперименты с веществами, которые легко соединяются или разлагаются под воздействием воды, поскольку гидратация и гидролиз, по-видимому, являются доминирующим механизмом во всех жизненно важных реакциях, как, несомненно, и при осмотическом росте, который

состоит из увеличения гидратации с одной стороны осмотической мембраны и уменьшения с другой стороны.

Жизнь - это не субстанция, а механическое явление; это динамический и кинетический перенос энергии, определяемый физико-химическими реакциями; и вся тенденция современных исследований приводит к убеждению, что эти реакции имеют ту же природу, что и те, с которыми мы сталкиваемся в органическом мире. Именно группировка физических реакций и способ их объединения и последовательности, фактически их гармония, составляют жизнь. Проблема, которую мы должны решить в синтезе жизни, заключается в надлежащей настройке и гармонизации этих физических явлений, поскольку они существуют в живых существах, и не должно быть абсолютной невозможности в том, что мы когда-нибудь осознаем эту гармонию полностью или частично.

Альберт Годри говорит: "Я не могу понять, почему при определении связующих звеньев животного мира тот факт, что органическое тело образовано из таких-то элементов, должен иметь большее значение, чем способ, которым эти элементы сгруппированы. Декарт рассматривал протяженность как существенное свойство организованного существа; он предполагал, что оно само по себе инертно и что движущей силой его является Божество. Сегодня гипотеза Декарта уступила место гипотезе Лейбница, который рассматривает силу как существенное свойство живого существа, в то время как видимая и осязаемая материя имеет лишь второстепенное значение. Если мы рассматриваем живое существо как силу, то эта сила способна объединять материю в такую-то форму, с такой-то структурой и такой-то химической сущностью. Не похоже, что классификации, основанные на различиях в содержании, более важны, чем те, которые зависят от различий в форме".

Биологический интерес осмотических продуктов совершенно не зависит от химической природы веществ, участвующих в их выращивании. Все вещества, образующие осмотические мембраны при контакте со своими растворами, проявляют явления, аналогичные явлениям питания. Осмотический морфогенез - это физическое явление, возникающее в результате контакта самых разнообразных веществ. Это дало нам первое представление о том, каким образом живое существо, как можно предположить, сформировалось в соответствии с обычными физическими законами природы. В настоящее время мы не можем производить осмотические наросты со всеми комбинациями, встречающимися у живых существ, но это только потому, что химия все еще сильно отстает от физики в синтезе органических форм.

Нам часто говорят "не форсировать аналогию". Но ошибка в равной степени возникает из-за преувеличения несущественных различий. Мы уже видели, что питание, поглощение, трансформация и возбуждение присущи не только живым организмам; точно так же реакция на внешние впечатления присуща не только живым существам. Настаивать на сходстве между осмотическим продуктом и живым существом - значит не навязывать аналогию, а демонстрировать факт.

Давайте вкратце подведем итог. Осмотический рост имеет эволюционное существование; он питается за счет осмоса и инвагинации кишечника; он осуществляет избирательный выбор предлагаемых ему веществ; он изменяет химический состав своей пищи, прежде чем ассимилировать ее. Подобно живому существу, он выбрасывает в окружающую среду отходы своей жизнедеятельности. Более того, он растет и развивает структуры, подобные структурам живых организмов, и чувствителен ко многим внешним изменениям, которые

влиять на его форму и развитие. Но именно эти явления — питание, ассимиляция, чувствительность, рост и организация — обычно считаются единственными характеристиками жизни.

ГЛАВА XIII

ЭВОЛЮЦИЯ И САМОПРОИЗВОЛЬНОЕ ЗАРОЖДЕНИЕ

Многие биологи даже в наши дни считают, что происхождение и эволюция живых существ находятся за пределами области природных явлений и, следовательно, недоступны экспериментальным исследованиям. Изменение наших взглядов на этот предмет произошло благодаря французу Жану Ламарку, который был истинным создателем научного учения об эволюции. В то время, когда чудесное происхождение каждого живого существа считалось неизменной истиной и защищалось как священная догма, Ламарк смело сформулировал свою теорию эволюции со всеми вытекающими отсюда последствиями, от самопроизвольного зарождения до генеалогии человека.

В своей *"Зоологической философии"*, появившейся в 1809 году, Ламарк выдвинул свое утверждение рассматривать все явления жизни, живых существ и самого человека как относящиеся к области природных явлений. Согласно ему, все тела, встречающиеся в природе, как органические, так и неорганические, подчиняются одним и тем же законам. Жизнь - это физическое явление, и все жизненные процессы обусловлены механическими причинами, либо физическими, либо химическими. He writes: "À leur source le physique et le moral ne sont sans doute qu'une seule et même chose. Il faut rechercher dans la considération de l'organisation les causes mêmes de la vie."

В интеллектуальной эволюции человеческого разума, пожалуй, ни одно достижение не было более важным, чем достижение Ламарка — завоевание сферы жизни человеческим разумом. В соответствии с истинно научным методом он основывает свое учение на фактах и явлениях природы. "Я ограничиваю себя, - говорит он, - рамками простого созерцания природы". Именно это наблюдение за постепенным совершенствованием живых организмов от простейших к самым сложным вдохновило Ламарка на идею эволюции и трансформации. "Как, - говорит он, - мы можем помочь в поиске причины таких замечательных результатов? Разве мы не вынуждены признать, что природа последовательно создавала тела, наделенные жизнью, переходя от простейших к наиболее сложным?"

Различные продукты природы были разделены на классы, роды и разновидности просто для облегчения их изучения. Современные исследования, как правило, показывают, что не существует четкой демаркационной линии даже между животным, растительным и минеральным царствами. Вся наша классификация искусственна, и переход от одного деления к другому происходит постепенно и незаметно. Ламарк выражает эту идею очень ясно: "Мы должны помнить, что классы, порядки, семьи и вся подобная номенклатура являются методами нашего собственного изобретения. В природе нет таких вещей, как

классы, ордена или семьи, а есть только индивиды. По мере того, как мы лучше знакомимся с творениями природы и по мере увеличения количества образцов в наших коллекциях, мы видим, что интервалы между классами постепенно заполняются, а разделительные линии стираются".

Ламарк также возвышает свой голос против предполагаемой неизменности видов. "Виды обладают лишь относительным постоянством, зависящим от обстоятельств особей. Особи данного вида увековечивают себя без изменений только до тех пор, пока не изменяются обстоятельства, влияющие на их существование. Бесчисленные факты доказывают, что когда особь данного вида меняет свое местонахождение, она подвергается ряду влияний, которые мало-помалу изменяют не только консистенцию и пропорции ее частей, но также ее форму, ее способности и даже ее организацию; так что со временем каждая часть будет участвовать в мутациях, которым она подверглась".

Ламарк также ясно подтверждает факт самопроизвольного зарождения. "Я надеюсь доказать, - говорит он, - что природа обладает средствами и способностями для создания всех форм, которыми мы так восхищаемся. Рудиментарные животные и растения сформировались и продолжают формироваться по сей день путем самопроизвольного зарождения".

Сам Ламарк кратко излагает свою доктрину в следующих шести положениях:—

1. "Все организованные тела нашего земного шара являются подлинными творениями Природы, которые она последовательно формировала на протяжении веков.
2. "Природа началась и все еще возобновляется изо дня в день с создания простейших органических форм. Эти так называемые спонтанные поколения - ее непосредственная работа, так сказать, первые наброски организации.
3. "Первые зарисовки роста животного или растения, начатого при благоприятных условиях, заложенные таким образом способности к зарождению жизни и органическому движению постепенно, мало-помалу, развили различные части и органы, которые с течением времени стали разнообразными.
4. "Способность к росту присуща каждой части организованного организма; это первичный результат жизни. Эта способность роста дала начало различным способам размножения и регенерации индивида, и с ее помощью был сохранен любой прогресс, который мог быть достигнут в составе и формах организма.
5. "Все живые существа, существующие в настоящее время, были последовательно сформированы этим способом с помощью длительного промежутка времени, благоприятных условий и изменений на поверхности земного шара — одним словом, благодаря способности новых ситуаций и новых привычек изменять органы тела, наделенного жизнью.
6. "Поскольку все живые существа претерпели более или менее значительные изменения в своей организации, виды, которые были таким образом незаметно и последовательно выведены, могут обладать лишь относительным постоянством и не могут быть очень древними".

Замечательной работой Ламарка абсолютно пренебрегали во Франции, где к ней относились как к недостойной даже рассмотрения. Это пренебрежение глубоко огорчало

Ламарка, который постепенно пал жертвой противодействия своих современников. Однако он оставил одного ученика, Этьена Жоффруа Сент Илера, но и он вскоре замолчал под тяжестью авторитета своих противников.

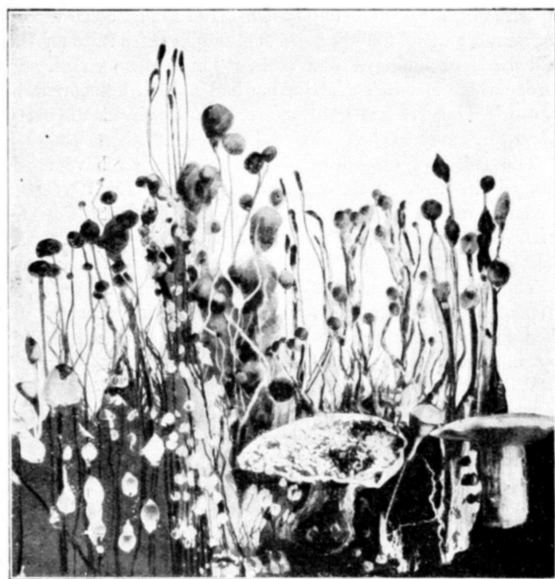


Рис. 62.-Осмотическая растительность.

Прежде чем доктрина эволюции смогла ожить и занять подобающее ей место, она должна была возродиться в Англии — стране свободы. Это возрождение произошло благодаря Дарвину, который дополнил его своей просветляющей доктриной естественного отбора. Но помимо этого и совершенствования различных деталей, Ламарк уже сформулировал доктрину эволюции с совершенной точностью. Работа Ламарка была мертворожденной, в то время как работа Дарвина жила и достигла своего полного развития. Это было связано не с каким-либо несовершенством или недостаточностью в работе Ламарка, а со средой, в которой она родилась. Именно окружающая среда подавила детище Ламарка.

В 1868 году Эрнест Геккель говорит о гении Ламарка такими словами: "Главный из натурфилософов Франции - Жан Ламарк, который занимает свое место рядом с Гете и Дарвином в истории эволюции. Ему принадлежит нетленная слава за то, что он первым сформулировал теорию происхождения и основал философию природы на прочной основе биологии", - и добавляет: "Нет страны в Европе, где доктрина Дарвина имела бы так мало влияния, как во Франции". Геккель лишь с запозданием отдал должное своему открытию гениальности Ламарка и свидетельству о ней.

Дух оппозиции, похоже, не сильно изменился во Франции со времен Ламарка. В 1907 году Парижская академия наук исключила из своих *отчетов* отчет о моих исследованиях диффузии и осмоса, поскольку в нем поднимался вопрос о самопроизвольном зарождении.

Большинство ученых, по-видимому, считают, что вопрос о самопроизвольном зарождении был окончательно решен раз и навсегда, когда эксперименты Пастера показали, что стерилизованная жидкость, хранящаяся в закрытой пробирке, остается стерильной.

Без идеи самопроизвольного зарождения и физической теории жизни доктрина эволюции представляет собой искаженную гипотезу, лишенную единства или связности. По этому поводу Ламарк высказывается наиболее ясно: "Хотя принято, когда говорят о представителях животного или растительного царства, называть их продуктами природы,

похоже, что к этому выражению не прилагается никакого определенного представления. Наши предвзятые представления мешают нам признать тот факт, что сама Природа обладает всеми способностями и всеми средствами для создания живых существ в любом разнообразии. Она способна изменять, очень медленно, но без прекращения, все различные расы и все различные формы жизни и поддерживать общий порядок, который мы видим во всех ее работах".

Доктрину Ламарка часто толкуют неправильно. Мы часто слышим, как ее выражают как "Функция создает орган" или даже "Функция создает орган". Это равносильно высказыванию: "Жизнь создает живое существо", что непостижимо, превращая функцию в своего рода нематериальную и независимую сущность, которая конструирует материальный орган для того, чтобы поселиться в нем. Ни во всех работах Ламарка такой идеи нет. Он формулирует свой закон в следующих терминах: "У каждого животного, которое все еще находится в процессе развития, частое и продолжительное использование какого-либо одного органа увеличивает его размер и силу, тогда как постоянное пренебрежение использованием этого органа ослабляет и портит его, так что в конце концов он исчезает".

В своем выражении этого закона Ламарк настаивает на том факте, что организация предшествует функции. Он утверждает только то, что функция, *то есть* действие и реакция, изменяет орган; или, другими словами, что организмы моделируются под действием внешних сил, действующих на них. Только в этом смысле можно сказать, что функция образует орган, но этого способа выражения следует избегать, поскольку он может быть неправильно понят.

Астрономия учит нас, что наш земной шар был отделен от солнца в раскаленном состоянии, а геология утверждает, что эта земля прошла через период долгих веков, когда ее температура была несовместима с существованием жизни. Появление живых существ стало возможным только с охлаждением земной коры. Следовательно, они с необходимостью должны были образоваться спонтанно из земного материала под воздействием химических и физических сил. Это мнение навязывается всем, кто размышляет и судит свободно. Точно так же доктрина эволюции требует в качестве следствия доктрины спонтанного зарождения. Доктрина эволюции должна воссоздавать каждое звено в цепи существ, от простейшего до самого сложного; она не может позволить себе упустить самое важное из всех, а именно. недостающее звено между неорганическим и органическим царствами. Если цепь существует, она должна быть непрерывной во всех своих частях, не может быть решения проблемы непрерывности.

Эволюционисты, такие как Ламарк и Геккель, допускают спонтанное зарождение не как наиболее вероятное, а как единственно возможное объяснение феномена жизни.

Ламарк показывает нам появление живых существ в определенную эпоху эволюции Земли и постепенное развитие более сложных форм по мере изменения условий на поверхности земного шара. Дарвин показывает, как наследственность и естественный отбор имеют тенденцию усиливать вариации, благоприятные для существования. Геккель демонстрирует параллелизм между онтогенезом и филогенезом — между последовательными формами в эволюции эмбриона и последовательными формами индивида в эволюции расы. Это великие и достойные восхищения завоевания человеческого разума, они продемонстрировали первое появление и прогрессивную эволюцию живых существ; теперь нам остается только объяснить их.

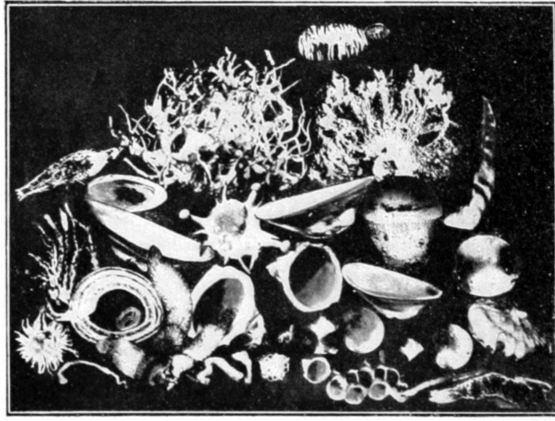


Рис. 63.- Морские формы осмотического роста.

Доктрина эволюции, хотя и утверждает факт спонтанного зарождения и прогрессивной эволюции, не дает нам никакого намека на физический механизм такого зарождения. Это не говорит нам, какими силами или в соответствии с какими законами были созданы более простые формы жизни, или каким образом различия в окружающей среде повлияли на их модификацию. Доктрина утверждает одновременные вариации органических форм и физических влияний, которые их производят, но ничего не говорит об их способе действия. Дарвиновская теория показывает, как приобретенные вариации передаются и усиливаются естественным отбором, но она ничего не говорит о том, как эти вариации могут быть приобретены. Точно так же мы пребываем в полном неведении относительно физического механизма онтогенетического развития, эволюции эмбриона.

Морфогенное действие диффузии приводит к чрезвычайно разнообразным осмотическим разрастаниям. Большинство из этих форм напоминают формы живых существ — раковин, грибов, кораллов и водорослей. Аналогия функции столь же близка, как и сходство формы. Изучение осмоса, однако, все еще находится в зачаточном состоянии, и осмотические продукты варьируются в зависимости от физических условий химического состава, температуры, концентрации и тому подобного. Изучение организующего действия осмоса на органический материал до сих пор практически не предпринималось.

При осмосе образуются наросты огромной сложности, на самом деле гораздо более сложные, чем более простые формы живых организмов. Эту удивительную сложность осмотического роста можно сравнить с другим фактом - онтогенетическим развитием яйцеклетки, отдельной клетки, которая при благоприятных условиях окружающей среды может развиваться в самый сложный организм. Эти соображения приводят к убеждению, что началом жизни было не возникновение простой примитивной формы, от которой произошли все остальные, а то, что могло возникнуть множество таких примитивных форм, которые благодаря быстрому физическому развитию достигли высокой степени сложности. Осмотический морфогенез показывает нам, что обычные физические силы на самом деле обладают способностью к организации, бесконечно большей, чем до сих пор предполагалось самым смелым воображением.

Принимая во внимание невежество, в котором мы все еще пребываем относительно явлений, происходящих прямо у нас на глазах, как мы можем ожидать понимания того, что происходило в прошлые века, когда физические и химические условия были так сильно отличны от тех, которые существуют в наше время? Что мы знаем даже сейчас о физических и химических явлениях, происходящих в неизмеримых глубинах океана, где, насколько нам известно, даже в настоящее время может происходить тот же самый процесс — зарождение

жизни и появление живых существ из неодушевленного минерального мира? "Даже сейчас, - говорит Альберт Годри, - полипы и океанические животные создают обширные коралловые рифы и скалы. Кислород и водород, которые когда-то существовали, были водой, кислород и азот, из которых когда-то состоял воздух, углерод, фосфор, кремнезем и известь, которые когда-то были твердой породой, теперь составляют субстанцию живых существ. Диоксид кремния откладывается в скелете губки или радиолярии, панцире фораминифер или панцире ракообразных или соединяется с фосфором, образуя кости позвоночных. Первобытное безмолвие инертной материи сменилось настоящим буйством жизни. Жизнь вторглась на землю, и мы видим со всех сторон, как неодушевленное минеральное царство превращается в живой мир".

Признание того, что жизнь, возможно, возникла на земле под влиянием природных сил и в соответствии с физическими законами и условиями, отличными от существующих в современную эпоху, проливает яркий свет на изучение биогенеза, спонтанного зарождения и эволюции. Средства исследования теперь указаны, и нам остается только изучить документы, уже имеющиеся в нашем распоряжении, чтобы узнать условия, которые сложились, когда жизнь впервые появилась на земном шаре. Мы должны попытаться воспроизвести эти условия и изучить их воздействие.

Поскольку все живые существа состоят из тех же элементов, что и представители минерального мира, термин "органический" применительно к сочетаниям может использоваться только для того, чтобы подчеркнуть сложность их строения. Раньше считалось, что эти органические соединения являются результатом жизнедеятельности и могут быть воспроизведены только живыми организмами. Сегодня многие из этих органических веществ производятся в лаборатории из неорганических материалов. В прошлой истории земного шара легко представить условия, которые облегчали бы синтез органических веществ без вмешательства жизни. При температуре электрической печи, которая была такой же, как на земле в ранний период ее эволюции, возможны химические соединения, совершенно отличные от тех, которые получаются при нынешних условиях температуры и давления. При более высокой температуре ранней геологической эры силициды, карбиды, фосфиды и нитриды образовывались в стабильных сочетаниях вместо современных оксидов, силикатов, карбонатов, фосфатов и нитратов. Эти комбинации существовали на земле в то время, когда температурные условия исключали существование воды в жидком состоянии. Когда температура остывала и водяной пар конденсировался, он вступал в химическое соединение с различными горными породами, образуя органические соединения, такие как ацетилен, который образуется в результате действия воды на карбид кальция. Х. Ленке разработал теорию образования различных горных пород в этих условиях, которую он сообщил в 1903 году Французскому обществу инженеров-строителей.

Химическая эволюция земного шара претерпела большие изменения по мере того, как температура постепенно падала и изменялся состав его земной коры. Пока температура была выше той, при которой может существовать вода, все химические реакции должны были происходить между безводными веществами, элементами и солями в состоянии плавления. Эти условия сильно отличаются от условий современной химии, которая представляет собой химию водных растворов. Мы можем надеяться, что сможем воспроизвести более ранние условия путем экспериментального изучения безводных веществ в состоянии плавления.

В более поздний период, когда формировались первичные и вторичные породы, была равномерная и постоянная температура около 40 ° C. Атмосфера была насыщена водяным

паром, и имелись все условия для возникновения бурь. Атмосфера на протяжении долгих веков, должно быть, была местом мощных и непрекращающихся электрических разрядов; эти разряды являются наиболее мощными из всех физических агентов химического синтеза и заставляют азот непосредственно соединяться с образованием различных соединений — нитратов, цианидов и аммиака. Углекислота также присутствовала бы в изобилии и вступала бы в комбинацию с этими азотистыми соединениями. Таким образом, мы можем представить, что образовались соединения, которые в результате какого-то процесса физического синтеза впоследствии дали начало огромным количествам альбуминоидного вещества. В то время моря и океаны содержали все те вещества, которые с тех пор закрепились в результате метаморфизма первичных горных пород, или отложились в осадочных слоях. Большинство элементов, входящих в состав наших минералов, раньше находились в состоянии раствора в этих первобытных морях, которые в большом изобилии содержали карбонаты, силикаты и растворимые фосфаты. По мере постепенного остывания земной коры состав земной атмосферы неизбежно менялся, и медленная эволюция атмосферы, без сомнения, также оказывала влияние на развитие живых существ.

Палеонтология учит нас, что самый ранний живой организм появился в море. Все самые древние из живых существ, представители первичных эпох, которые были более продолжительными, чем все остальные эпохи, вместе взятые, были водными. Более того, мы обнаруживаем, что каждый живой организм состоит из жидкостей, растворов кристаллоидов и коллоидов, разделенных осмотическими мембранами; и важно, что океан, эта обширная лаборатория жизни, также представляет собой раствор кристаллоидов и коллоидов. Таким образом, очевидно, что мы должны обратиться к изучению решений, если надеемся раскрыть природу и происхождение жизни.

Жизнь - это совокупность функций и энергетических преобразований, совокупность, которая обусловлена формой, структурой и составом живого существа. Таким образом, можно сказать, что жизнь обусловлена формой, *то есть* внешними, внутренними и молекулярными формами живого существа.

Все живые существа состоят из замкнутых полостей, которые ограничены осмотическими мембранами и заполнены растворами кристаллоидов и коллоидов. Таким образом, изучение синтетической биологии - это изучение физических сил и условий, которые могут создавать полости, окруженные осмотическими мембранами, которые могут ассоциировать и группировать такие полости, а также дифференцировать и специализировать их функции. Именно такие силы производят осмотические наросты, имеющие формы и проявляющие многие функции живых существ. Из всех теорий происхождения жизни та, которая приписывает это осмосу и рассматривает древнейшие живые существа как продукты осмотического роста, является наиболее вероятной и наиболее удовлетворяющей разуму.

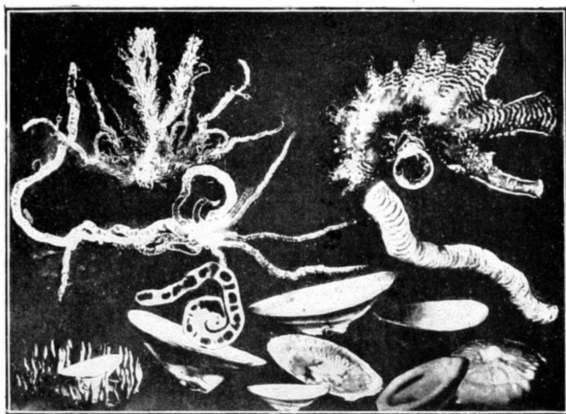


Рис. 64.-Осмотические раковины и кораллы.

Мы уже видели, что моря первичной и вторичной эпох представляли в высокой степени особые условия, благоприятные для образования осмотических отложений. В течение этих долгих веков в этих первобытных морях, должно быть, происходил буйный рост осмотической растительности. Все вещества, которые были способны образовывать осмотические мембраны при взаимном контакте, начали расти - растворимые соли кальция, карбонаты, фосфаты, силикаты, альбуминоидные вещества, организовались как осмотические продукты, — родились, развились, эволюционировали, диссоциировали и умерли. Миллионы эфемерных форм, должно быть, сменяли друг друга в ходе естественной эволюции той эпохи, когда живой мир был представлен материей, организованной таким образом путем осмоса.

Экспериментальное изучение осмотической морфогении добавляет весомости доказательствам в том же направлении. Когда мы видим собственными глазами, как кальциевые клетки организуются, развиваются и растут в точном подражании формам жизни, мы не можем сомневаться в том, что такая трансформация часто происходила в прошлой истории нашей планеты, и убеждение становится непреодолимым, что осмос играл преобладающую роль в истории нашей земли и ее обитателей. Вызывает удивление, что ученый не обратил внимания на активную роль, которую осмос сыграл в эволюции нашей земли. О последствиях этого важнейшего физического явления наука до сих пор хранила полное молчание.

Напечатано КОМПАНИЕЙ MORRISON & GIBB LIMITED, Эдинбург



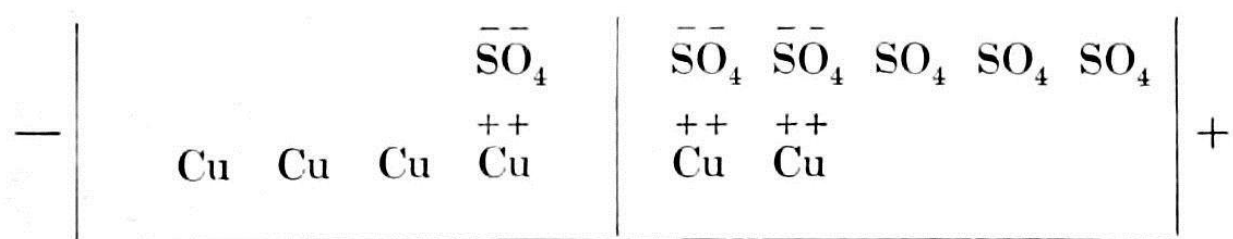
[back](#)



[back](#)

$\bar{\text{SO}}_4$	$\bar{\text{SO}}_4$	$\bar{\text{SO}}_4$	$\bar{\text{SO}}_4$	$\bar{\text{SO}}_4$	$\bar{\text{SO}}_4$
^{++}Cu	^{++}Cu	^{++}Cu	^{++}Cu	^{++}Cu	^{++}Cu

[back](#)

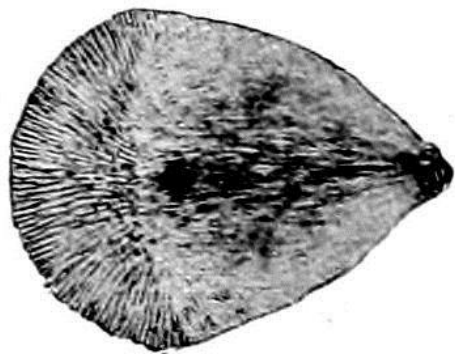


[back](#)

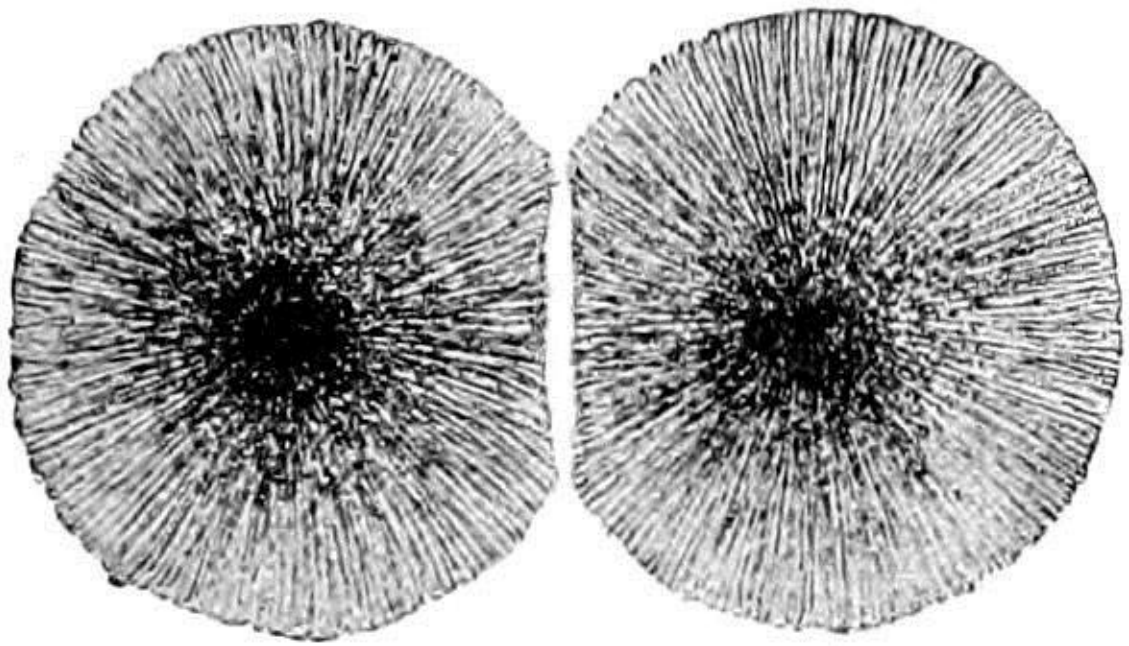
a



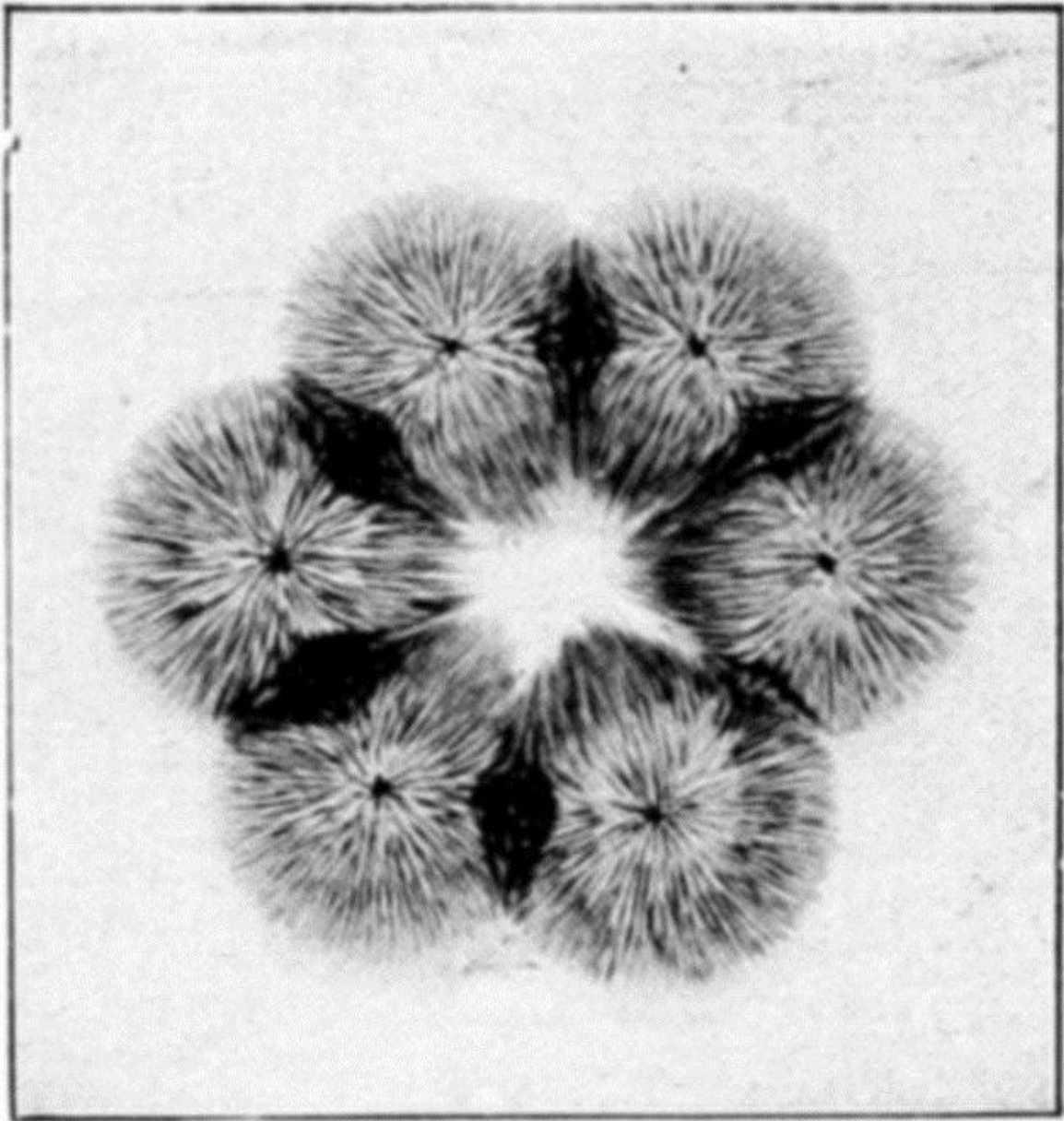
b



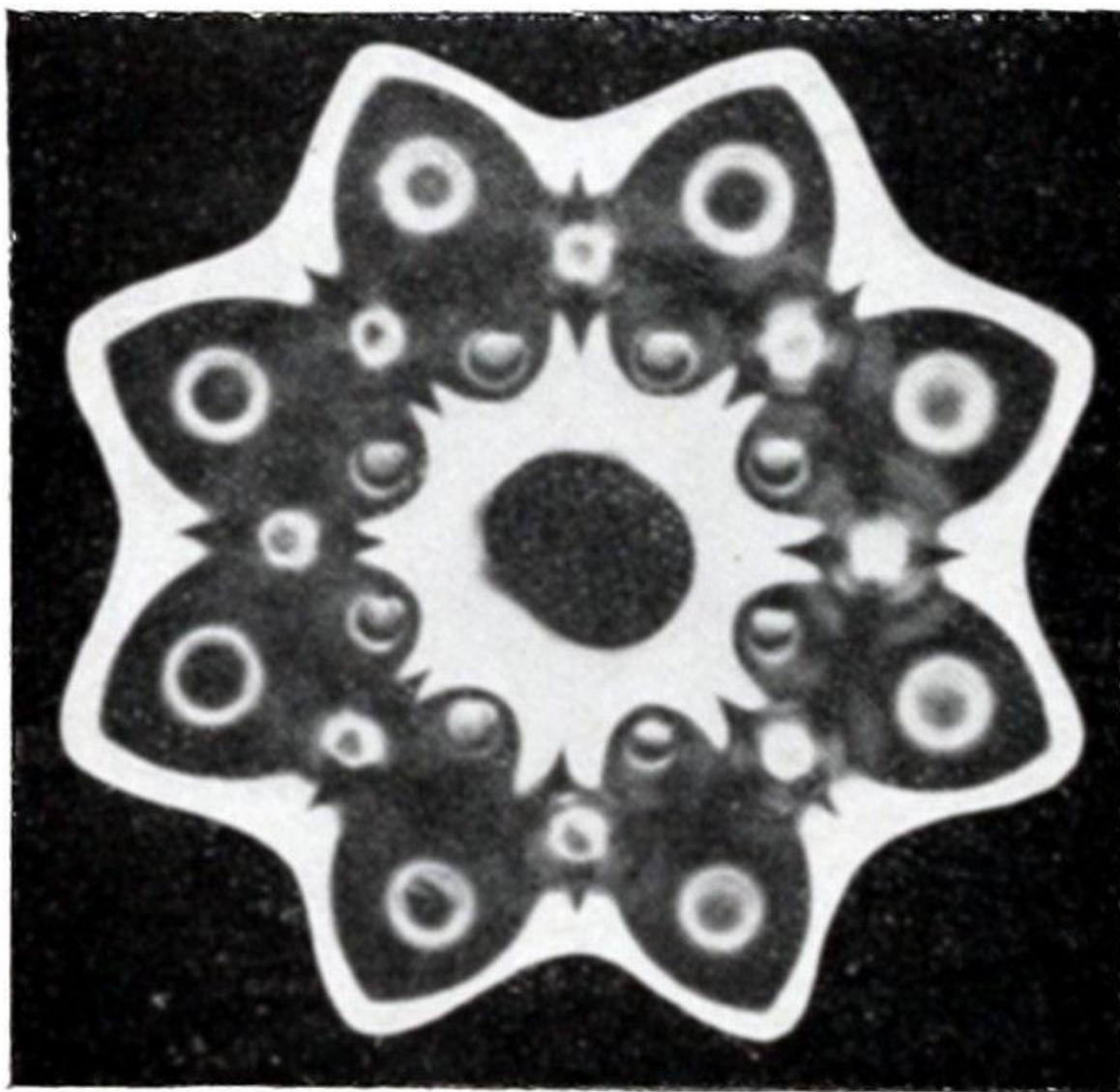
[back](#)



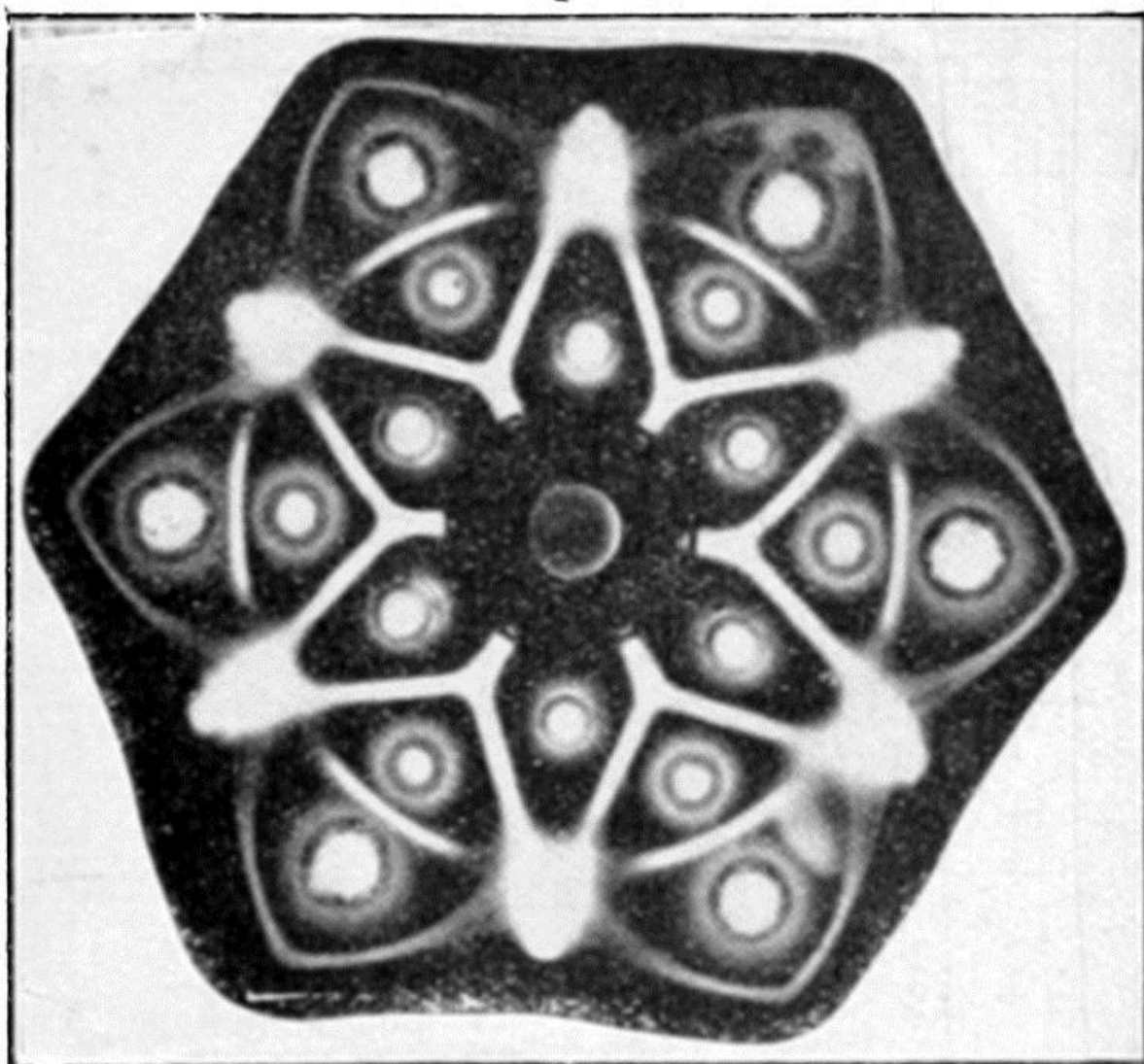
[back](#)



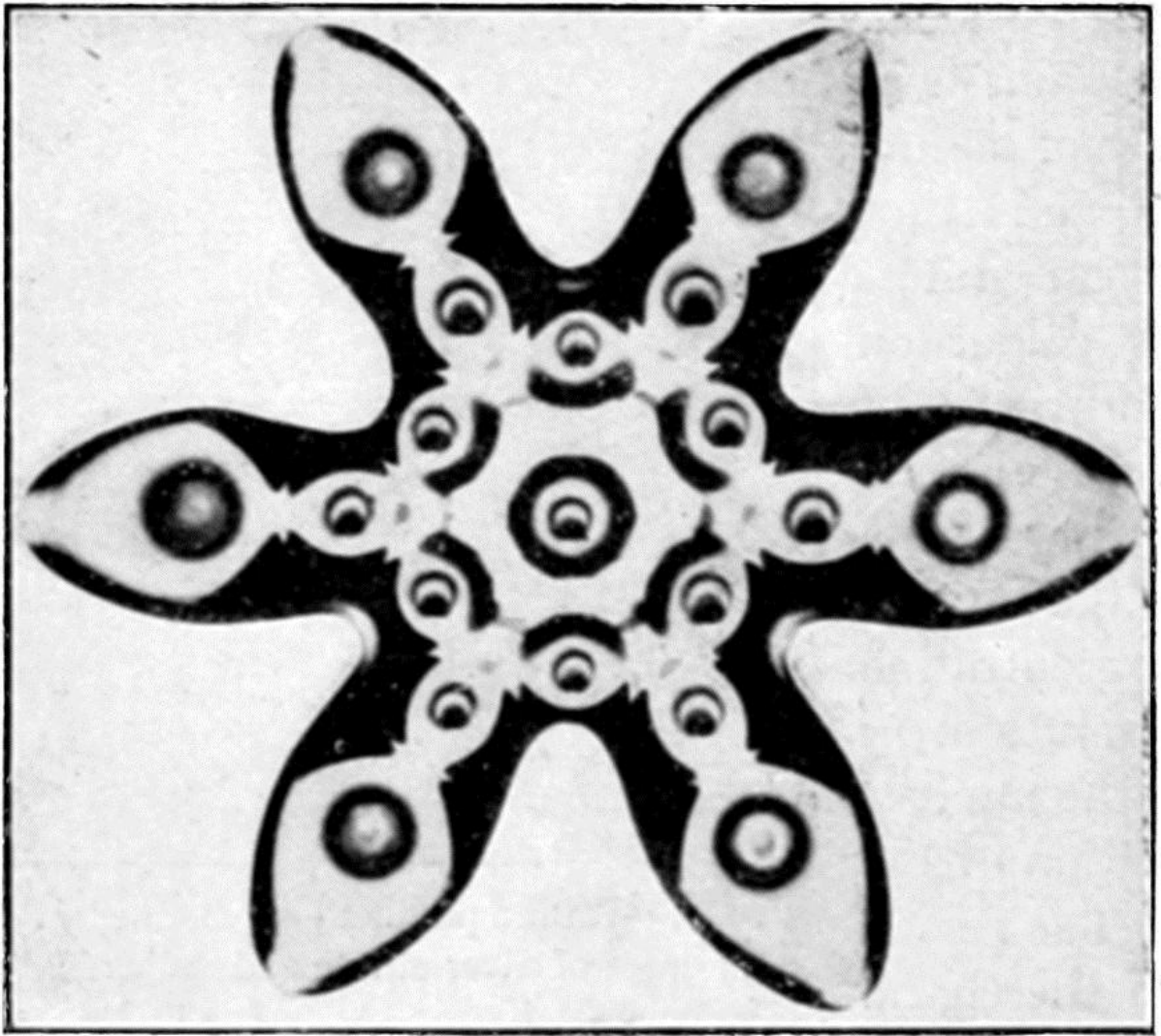
[back](#)



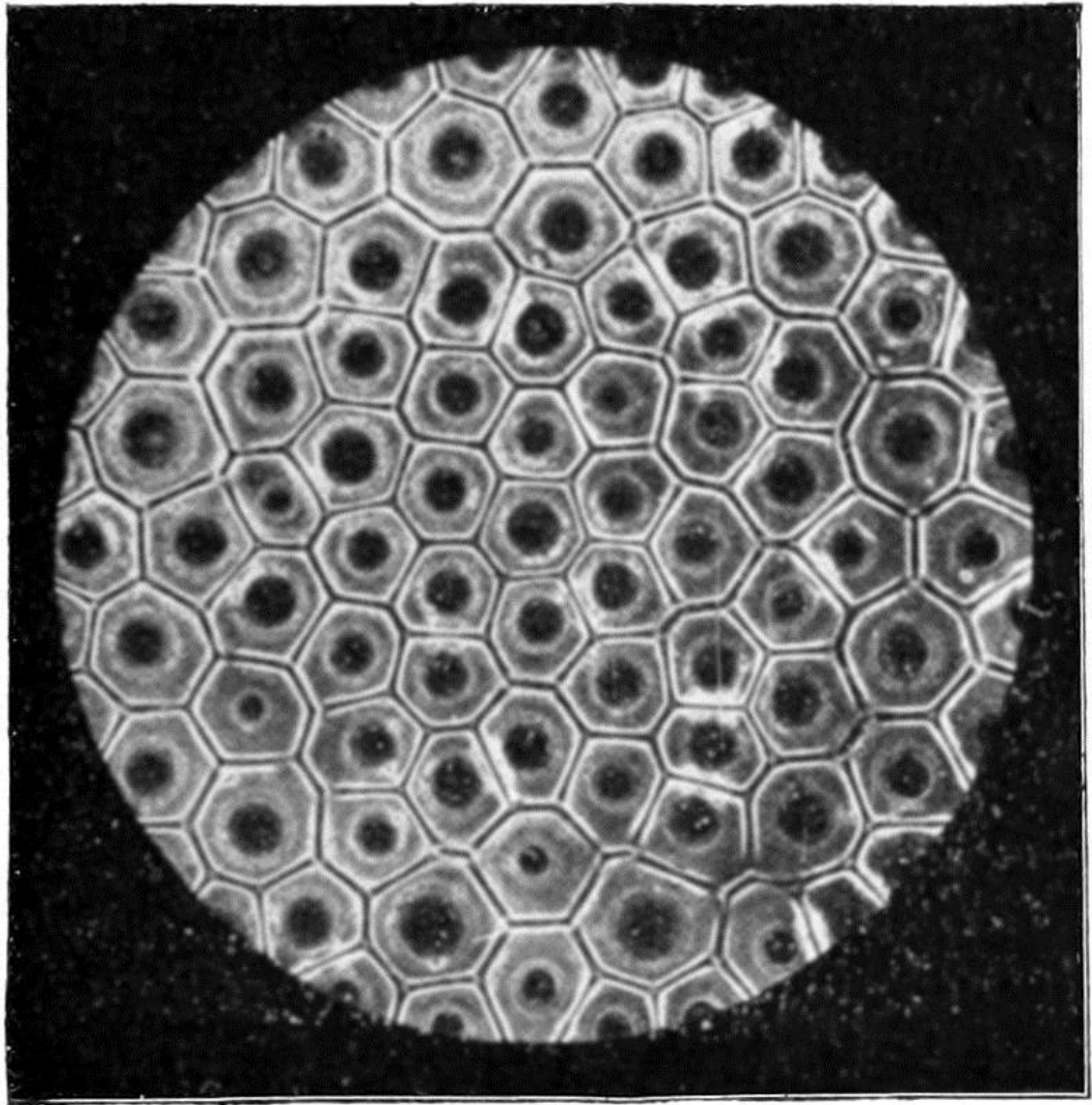
[back](#)



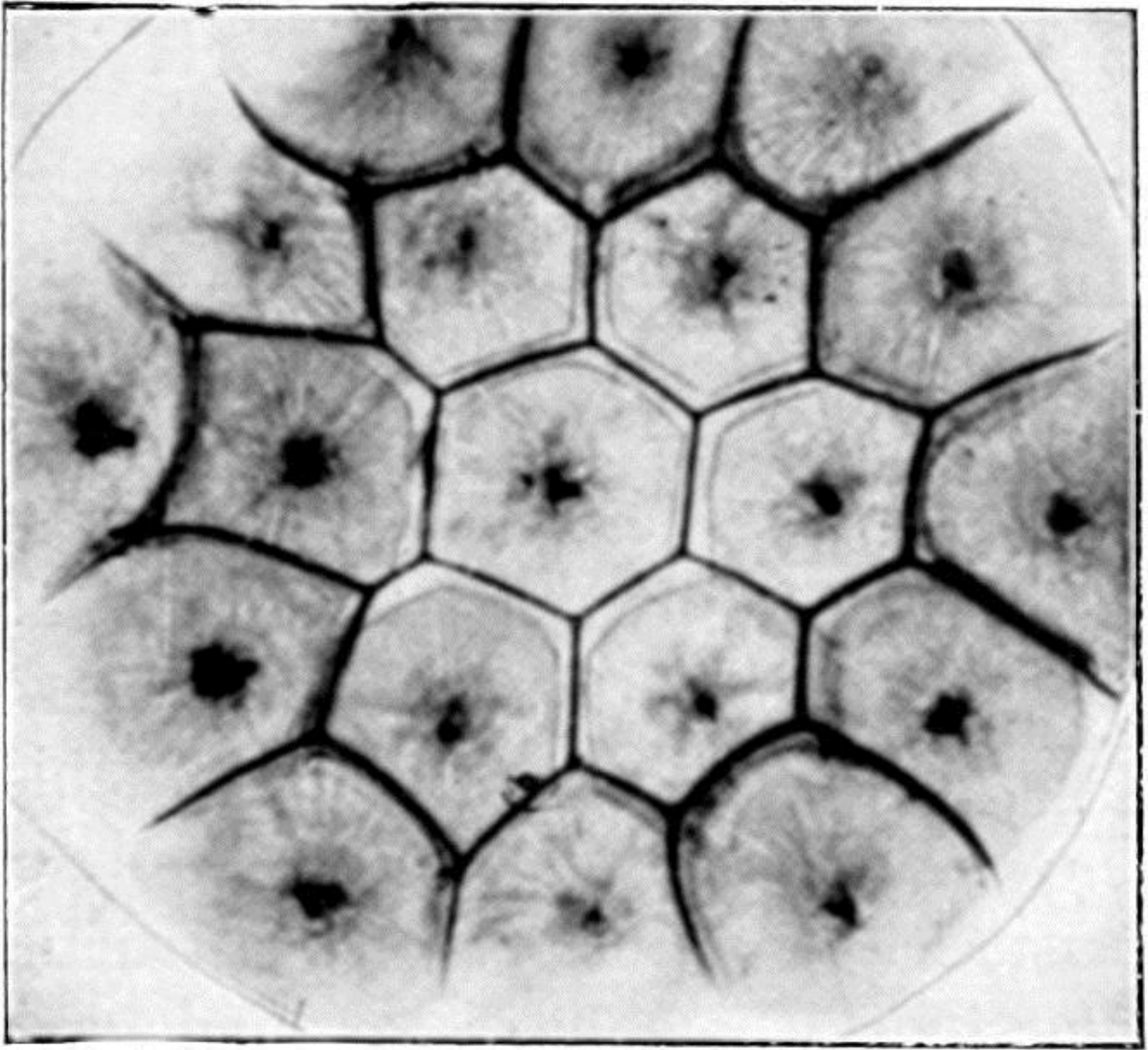
[back](#)



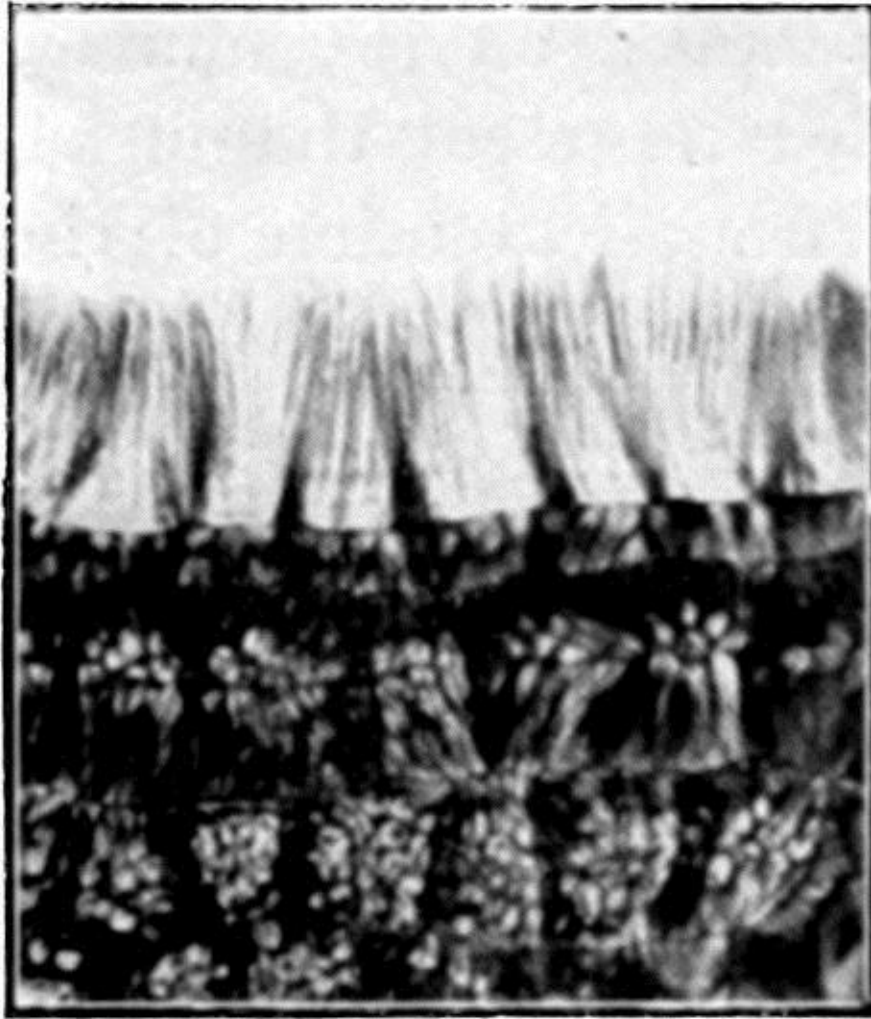
[back](#)



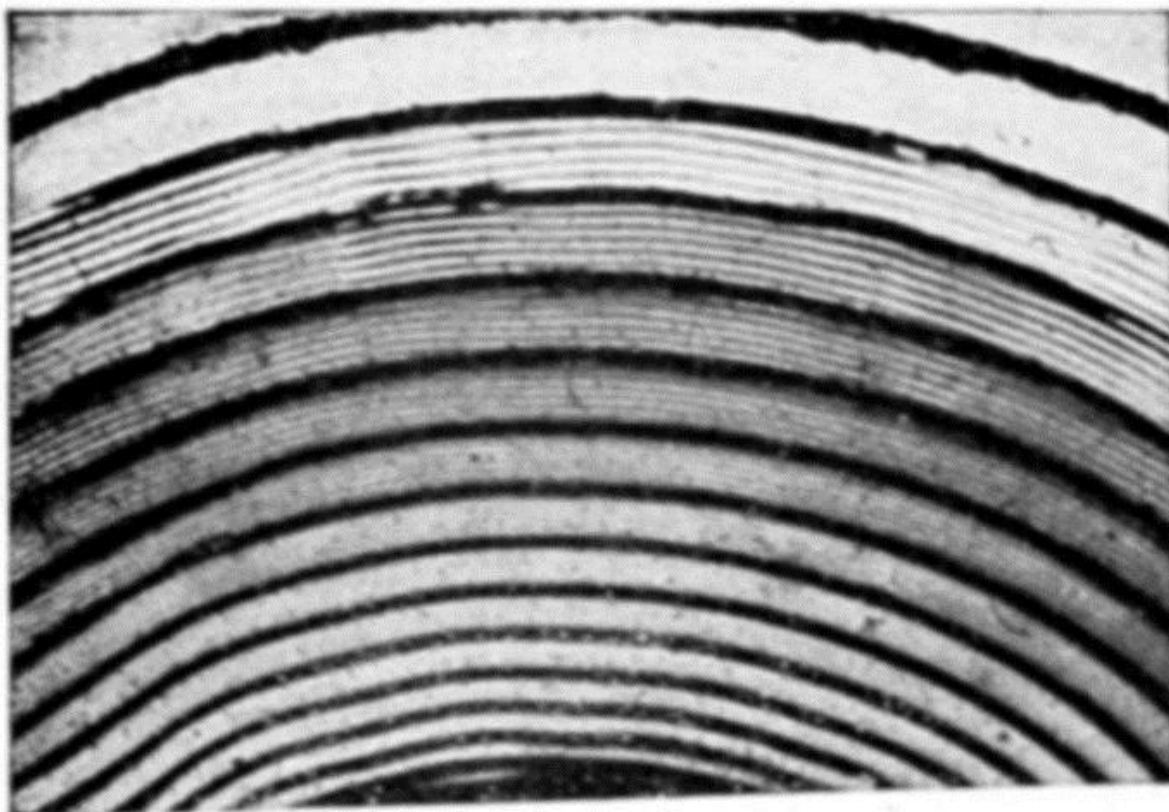
[back](#)



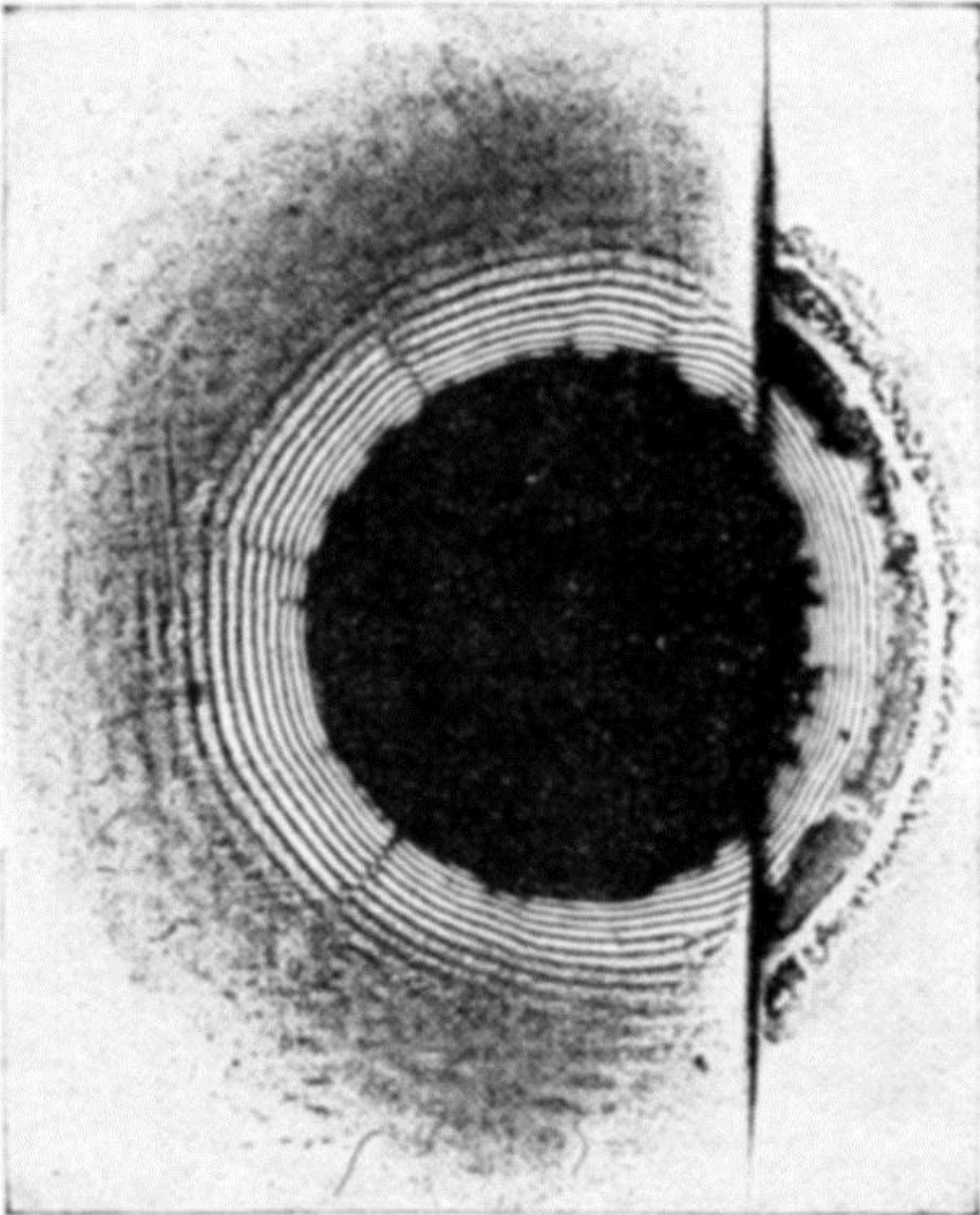
[back](#)



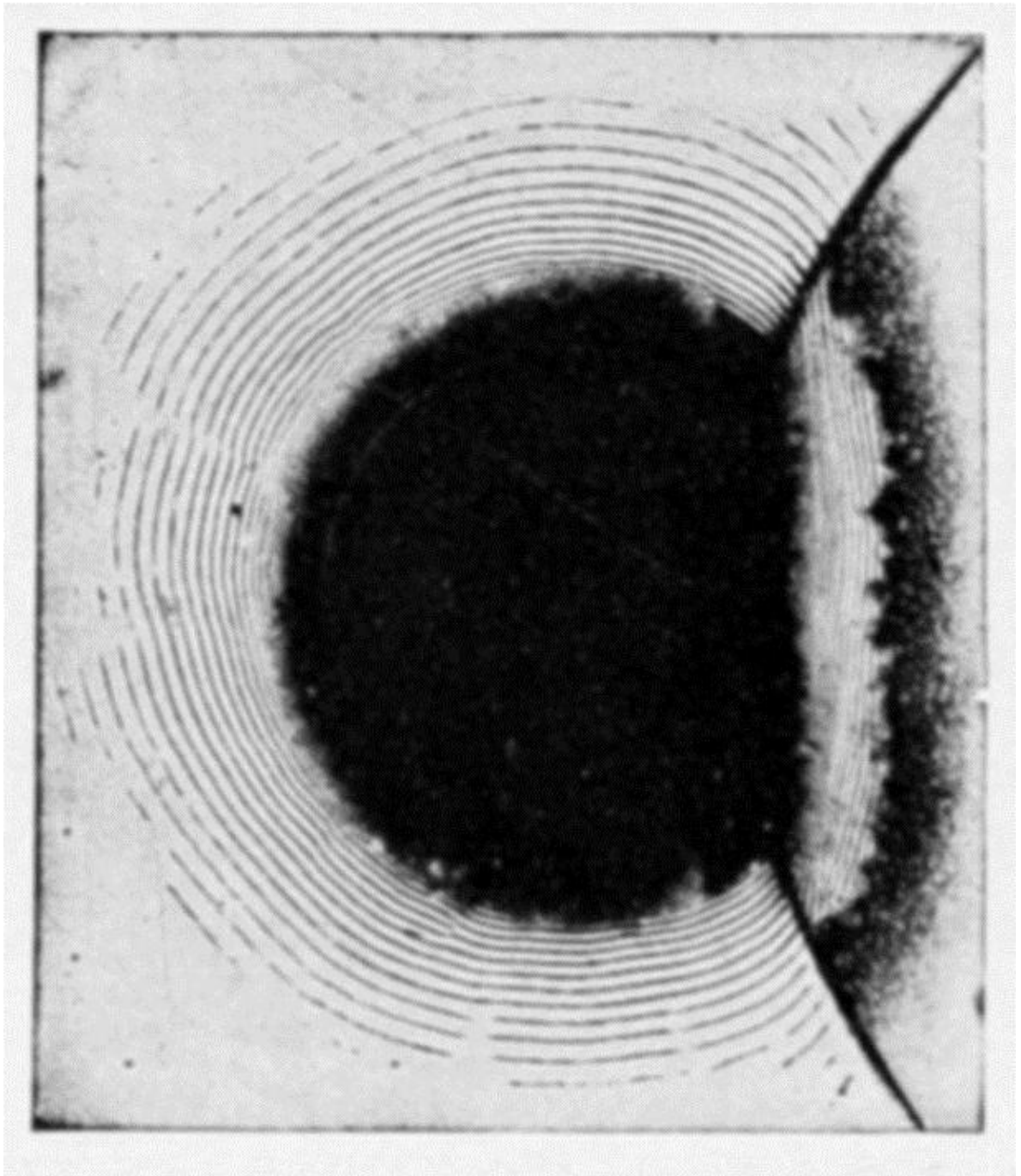
[back](#)



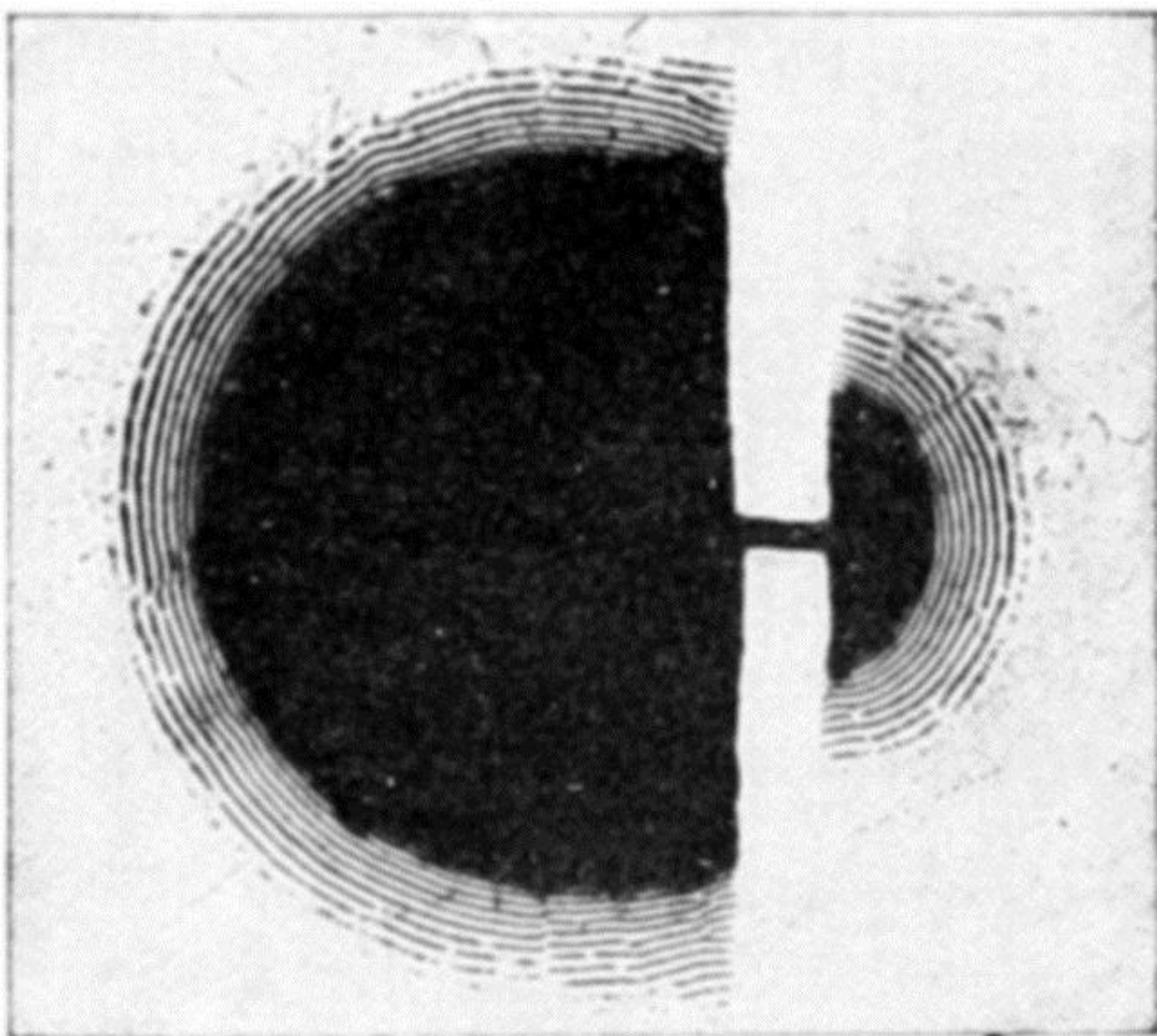
[back](#)



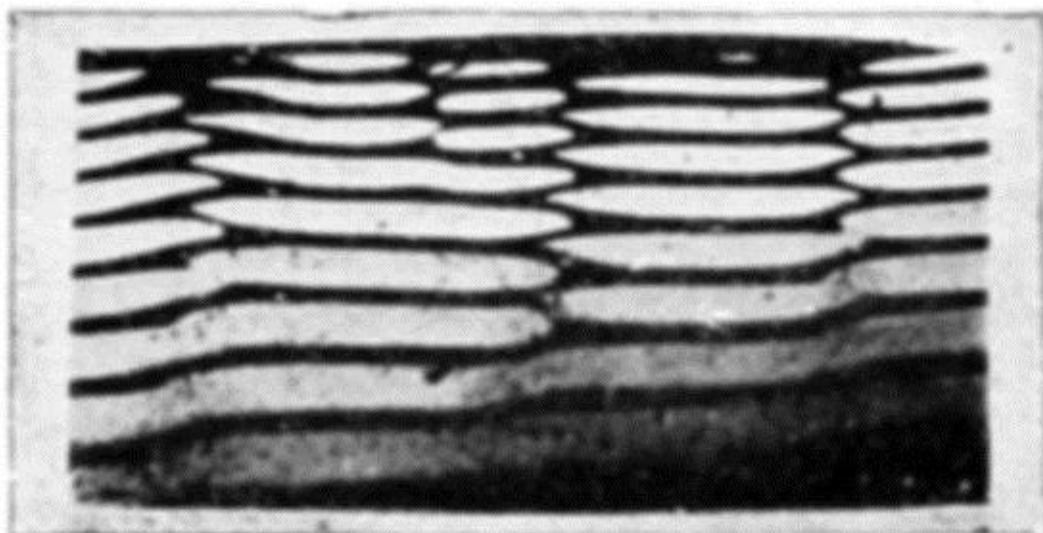
[back](#)



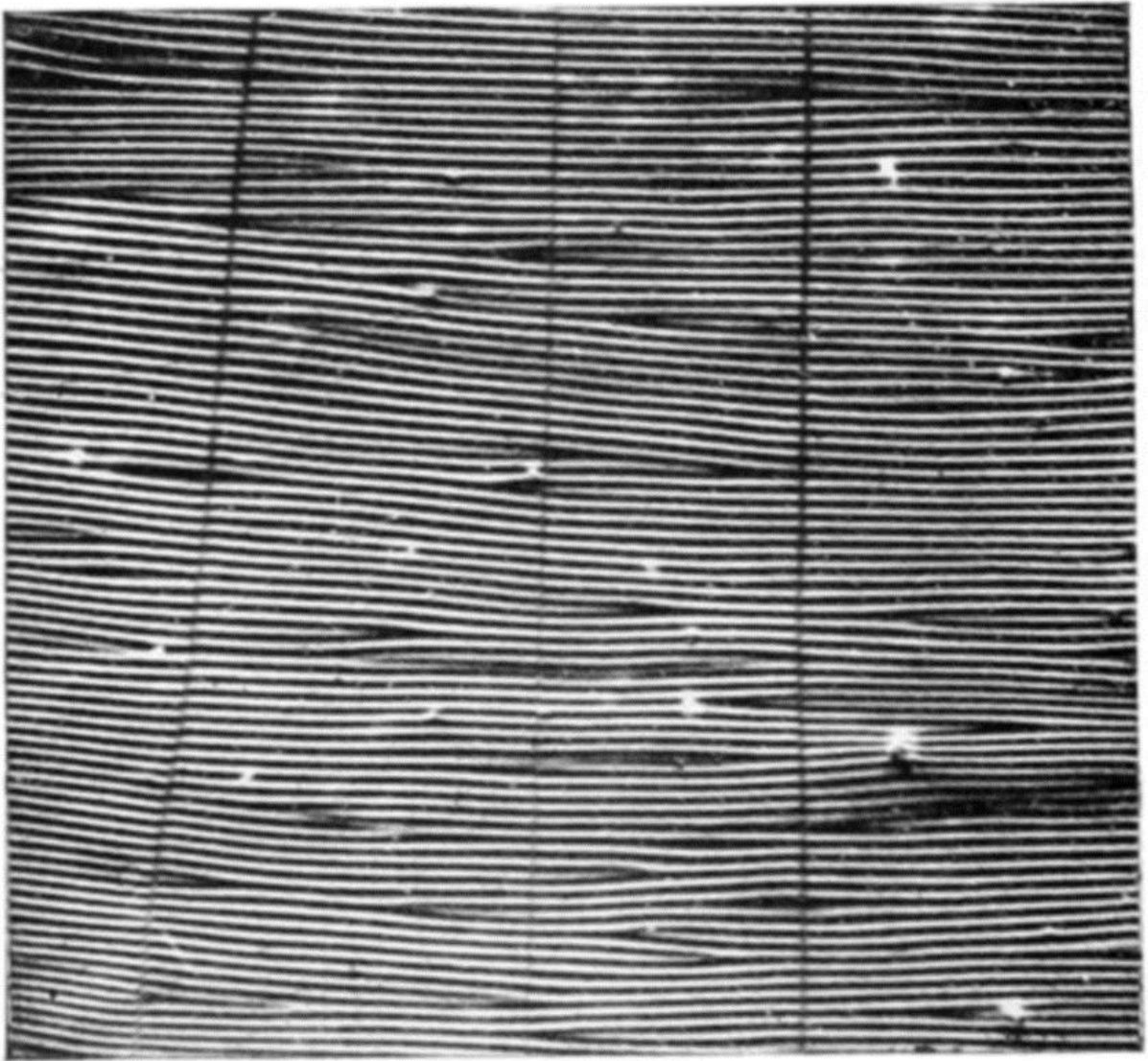
[back](#)



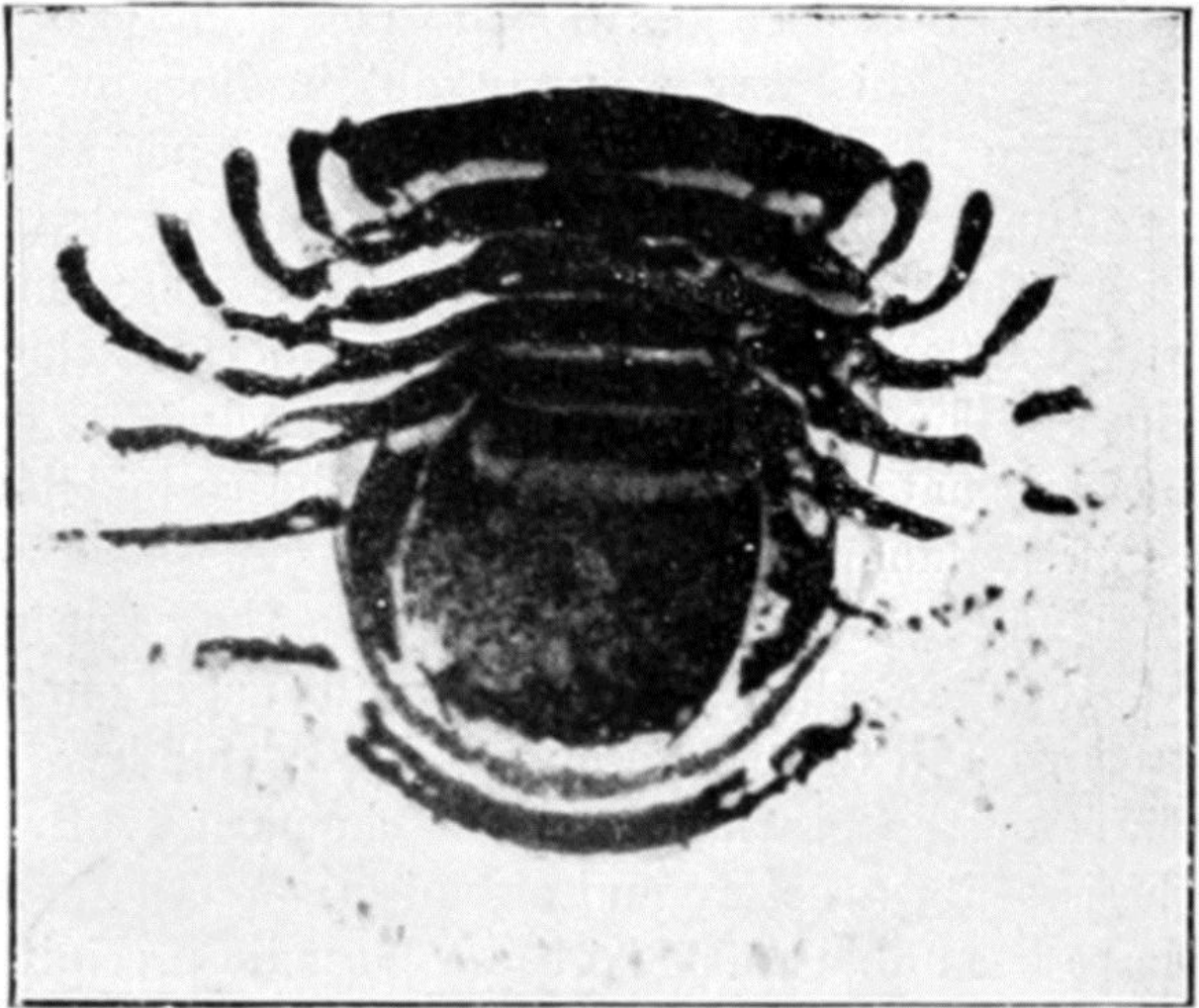
[back](#)



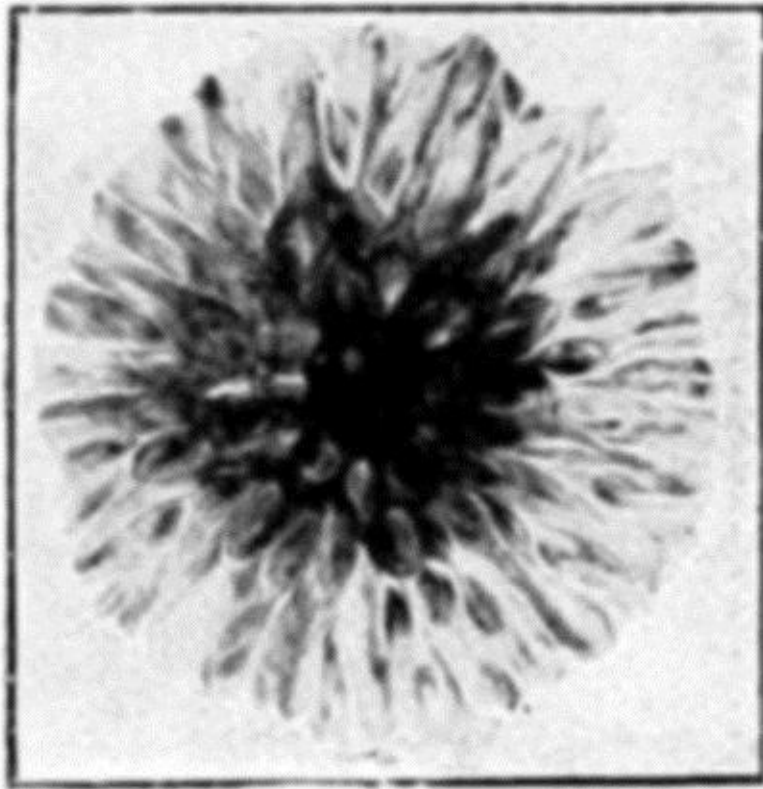
[back](#)



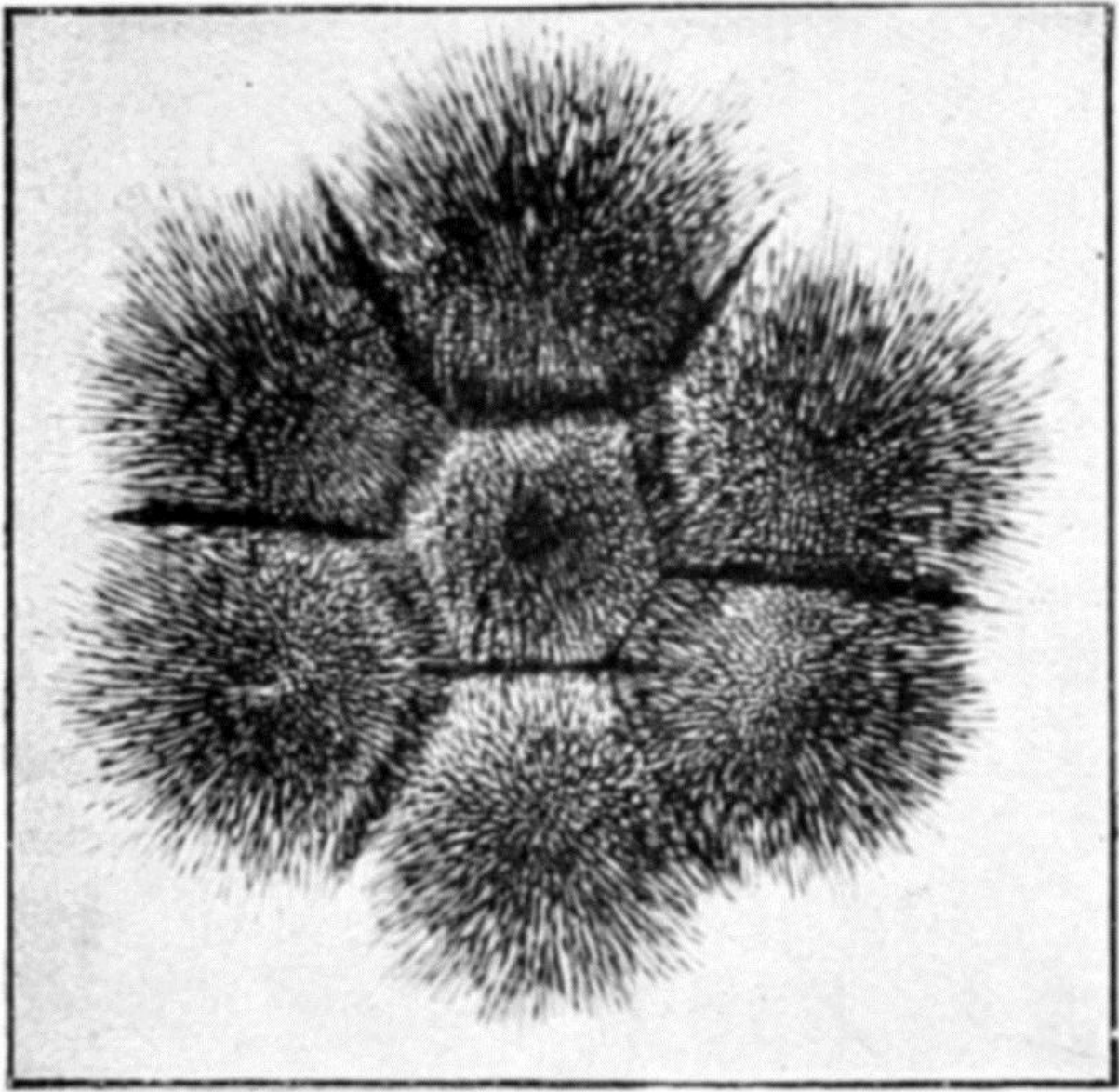
[back](#)



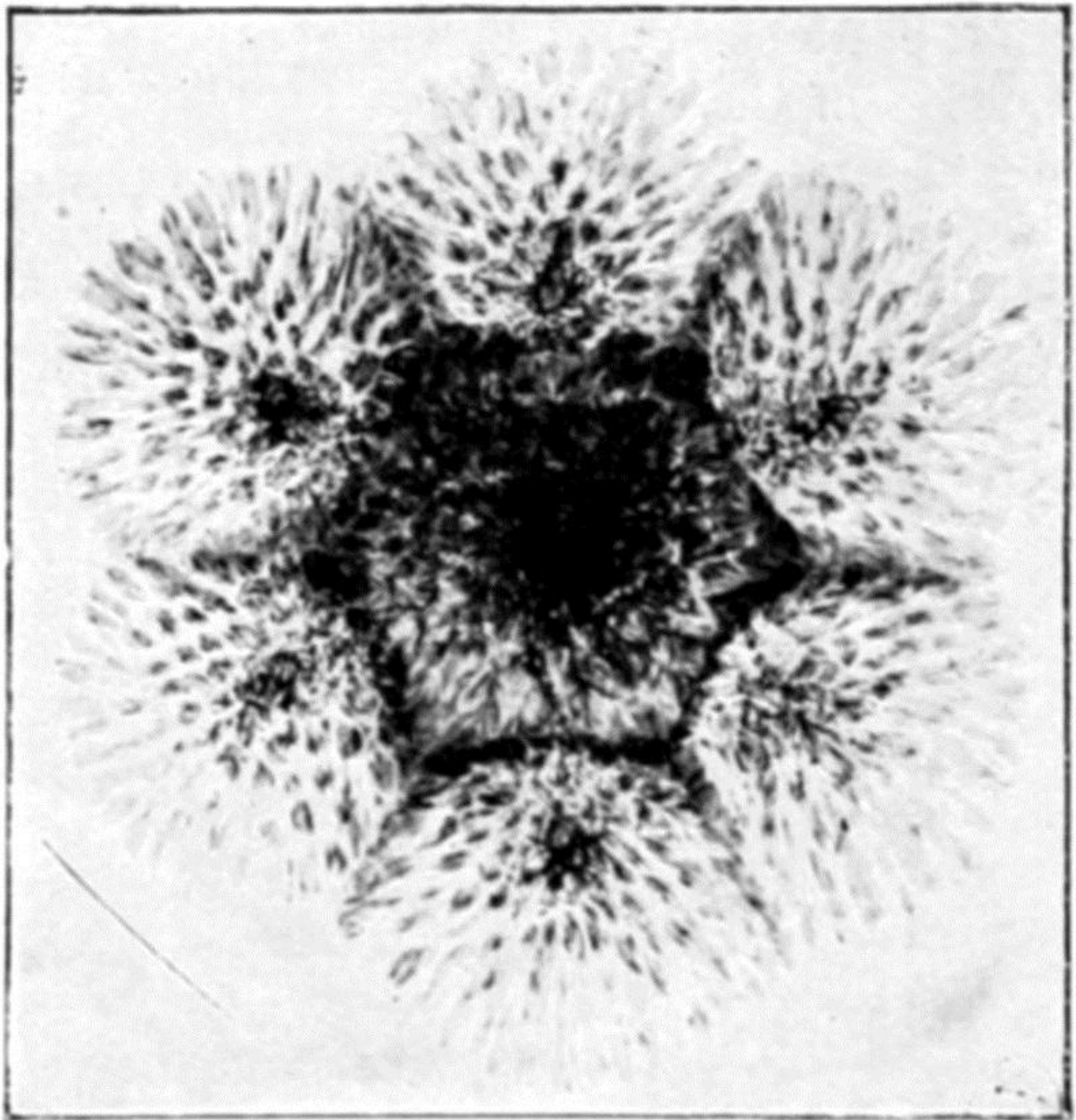
[back](#)



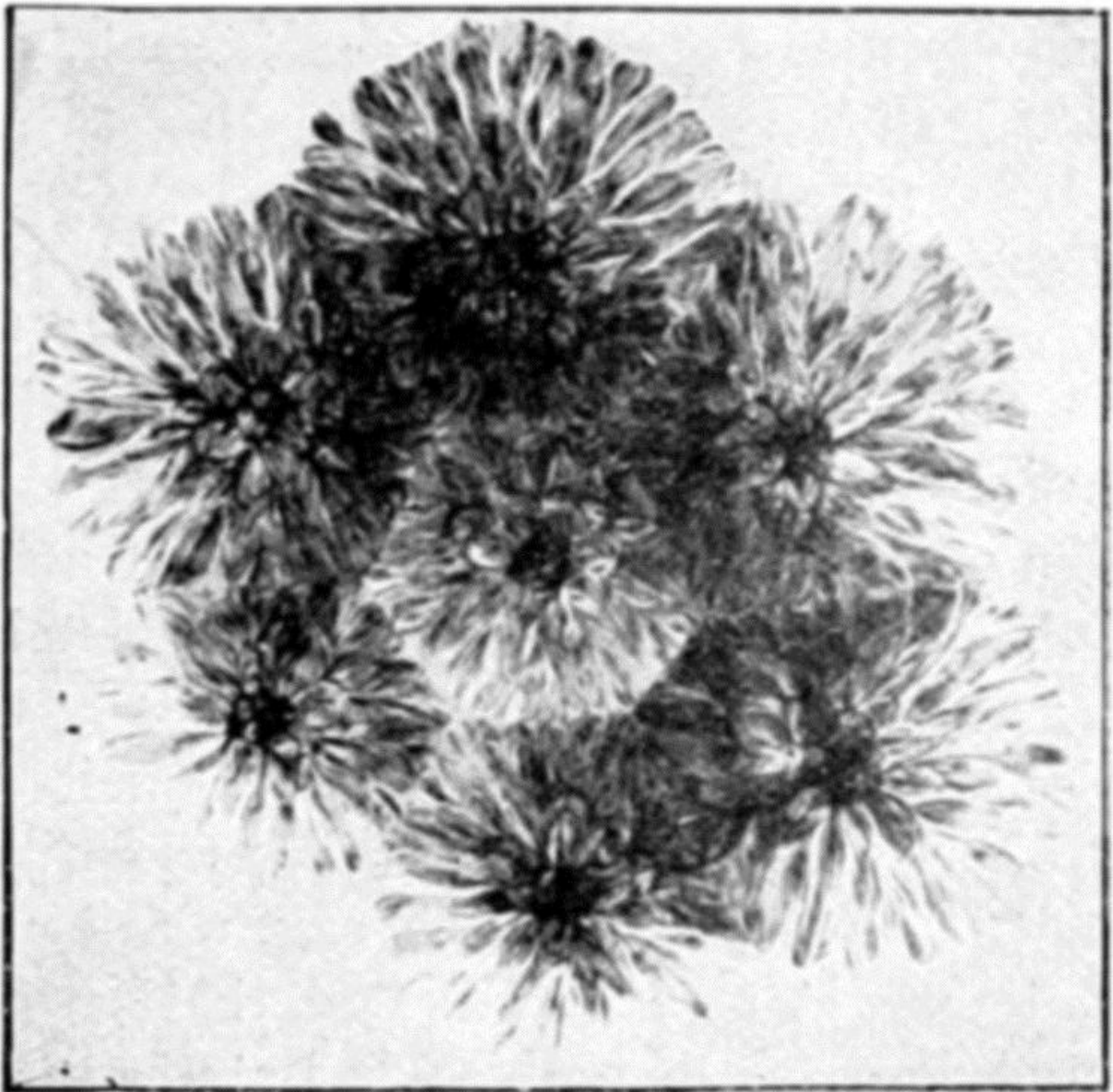
[back](#)



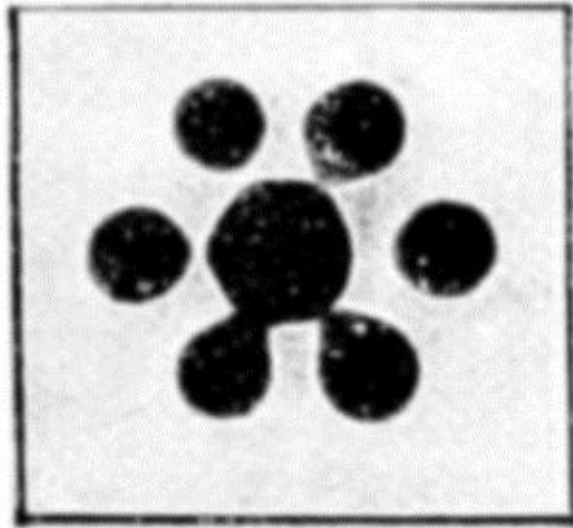
[back](#)



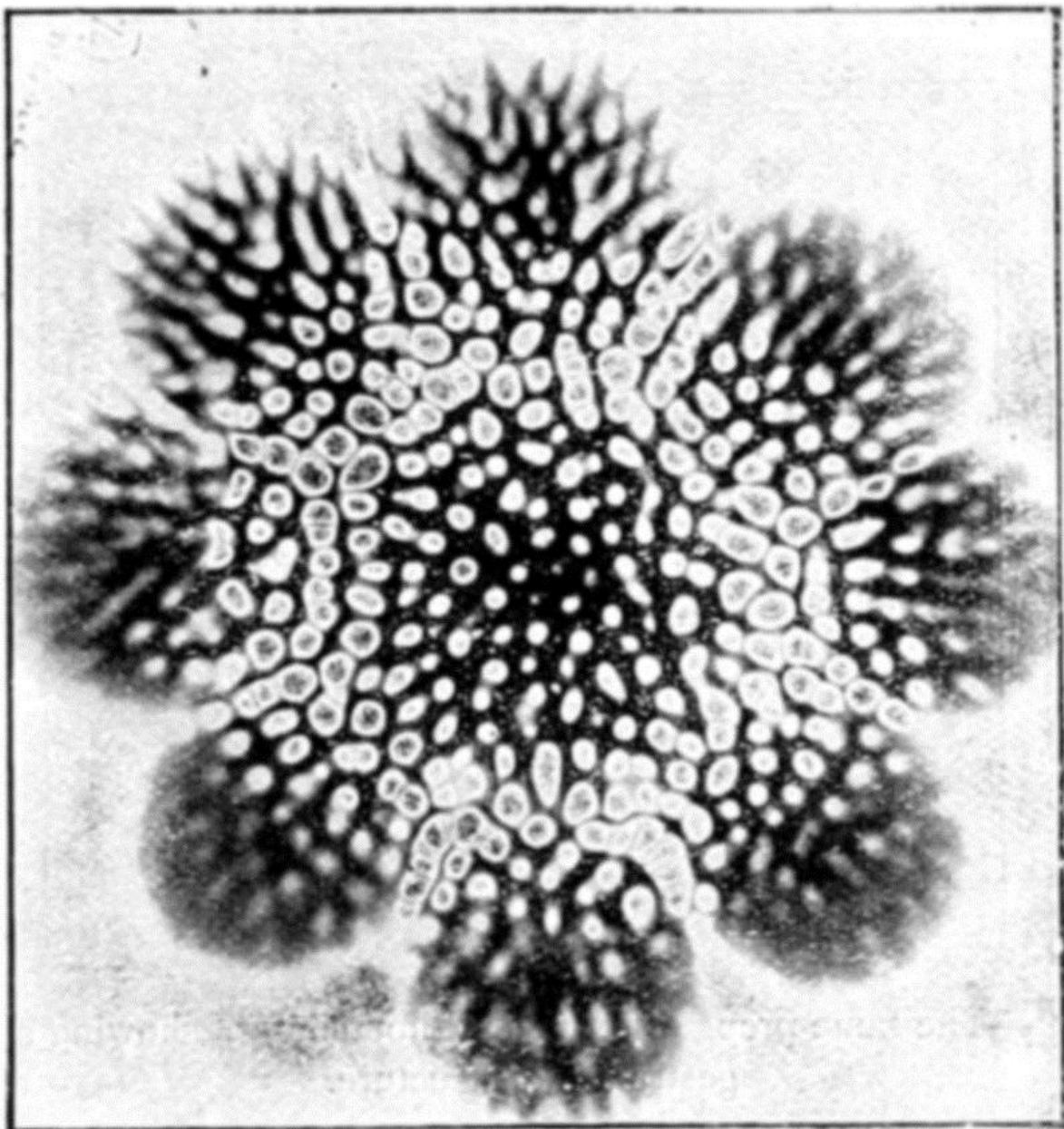
[back](#)



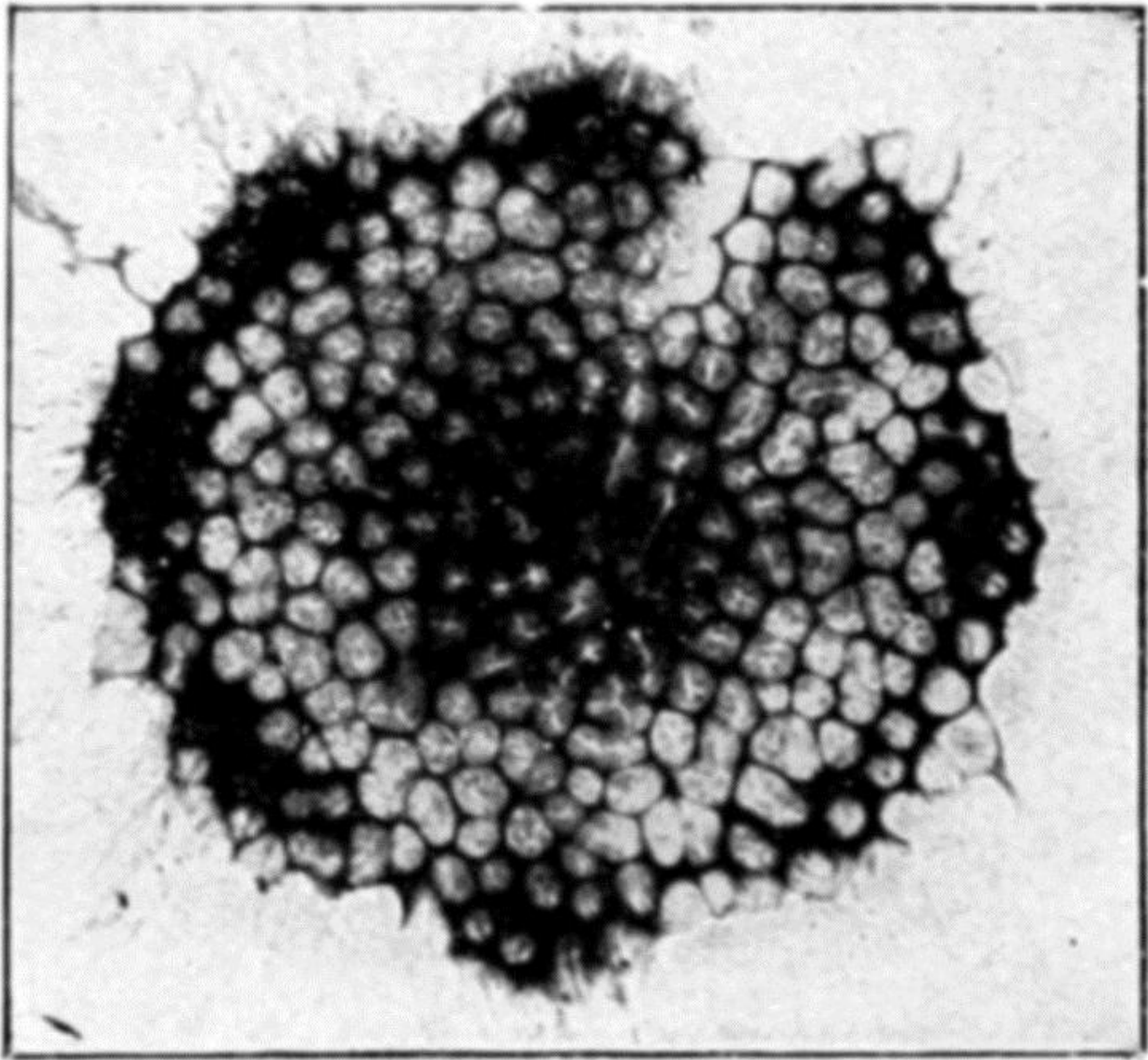
[back](#)



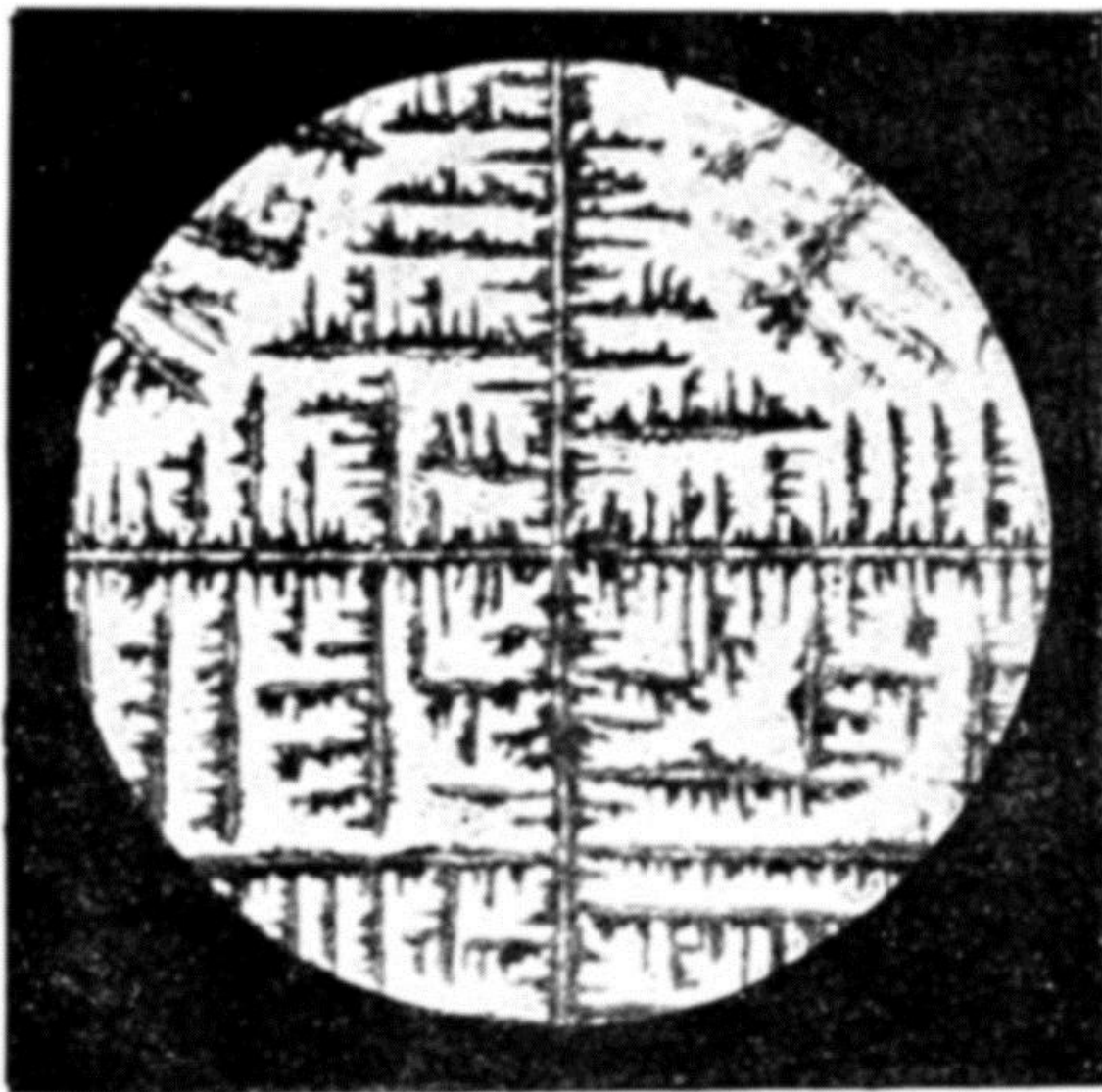
[back](#)



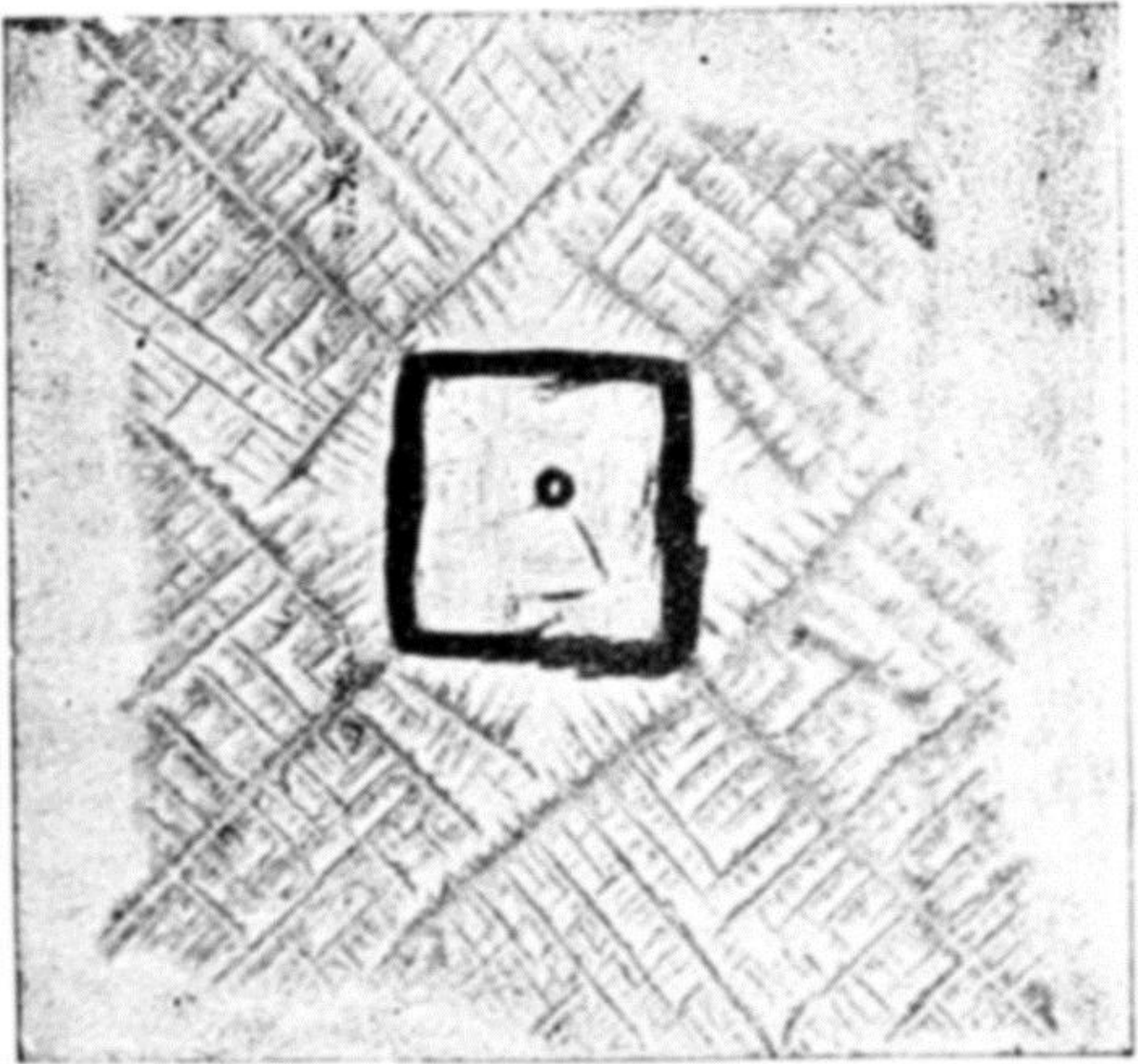
[back](#)



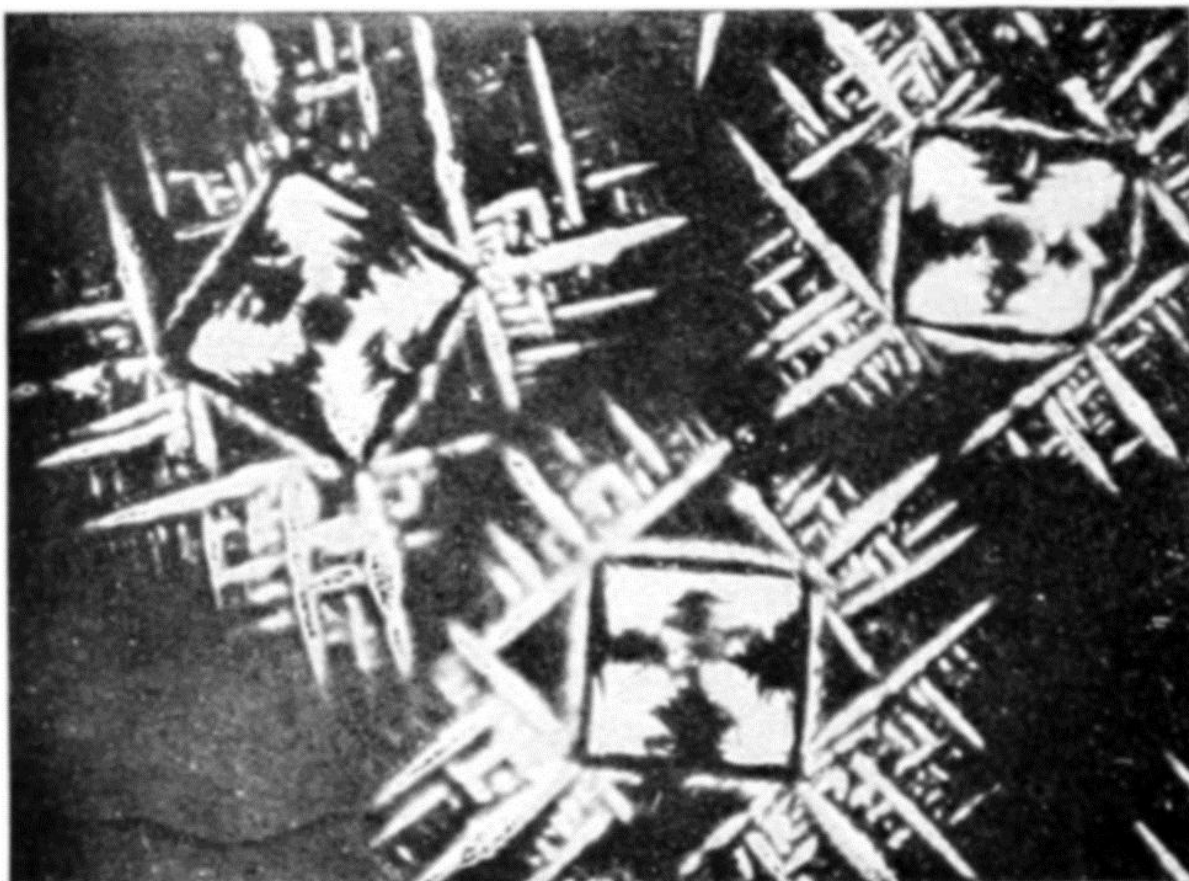
[back](#)



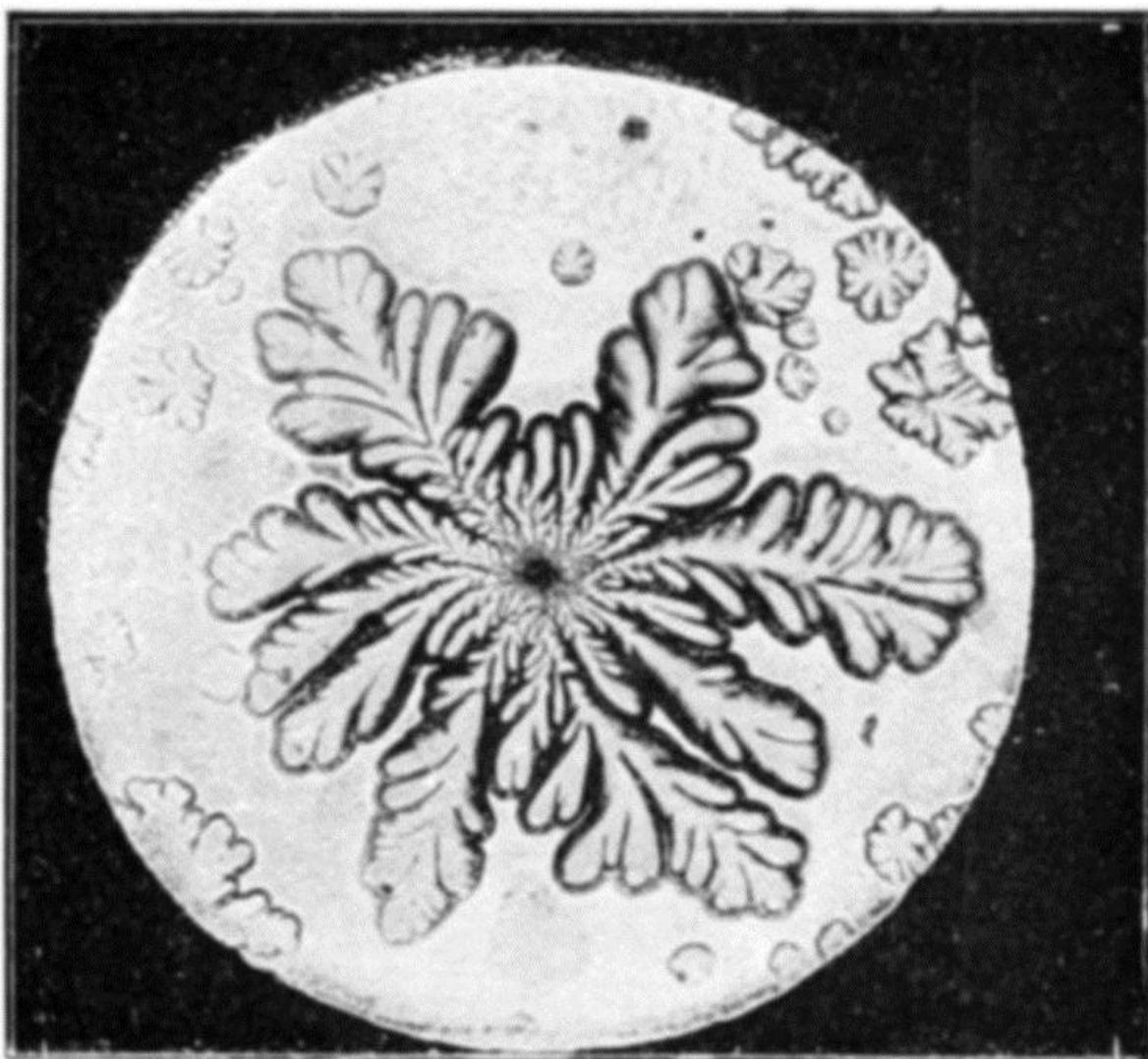
[back](#)



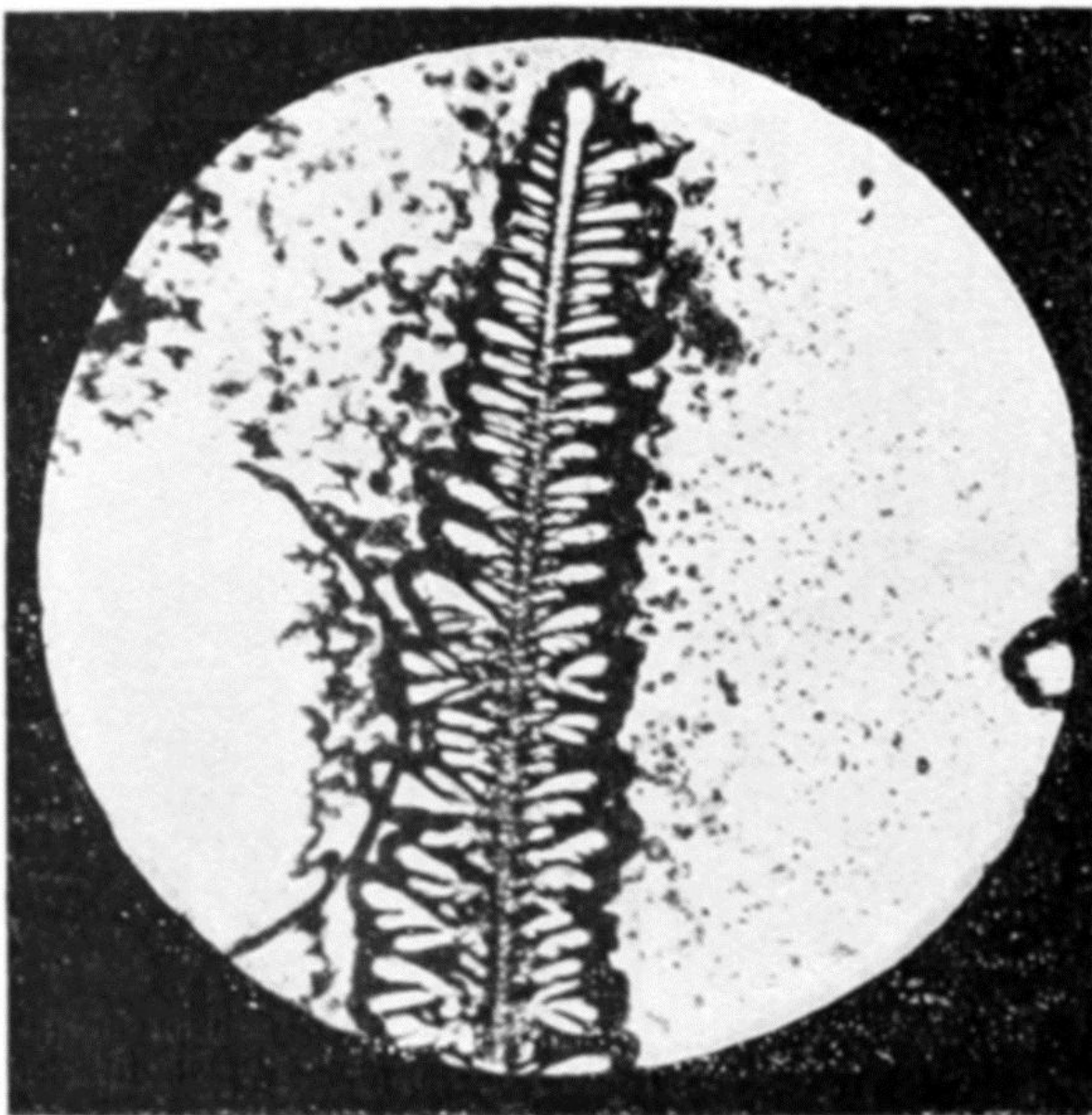
[back](#)



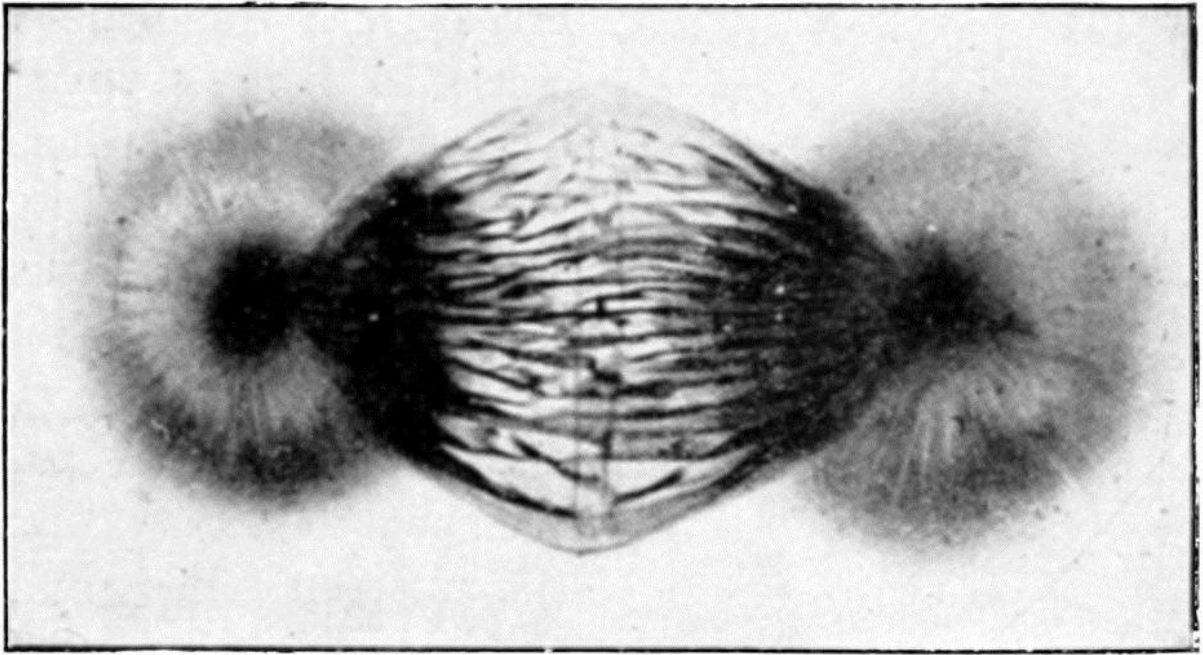
[back](#)



[back](#)

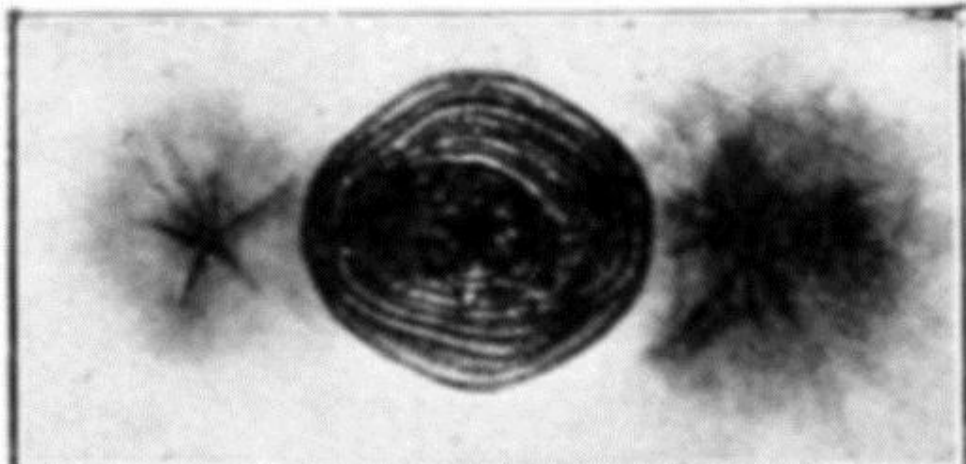


[back](#)

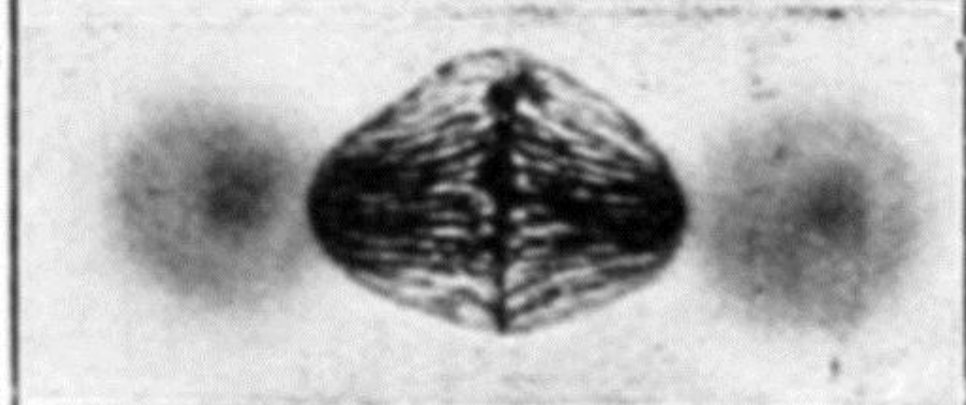


[back](#)

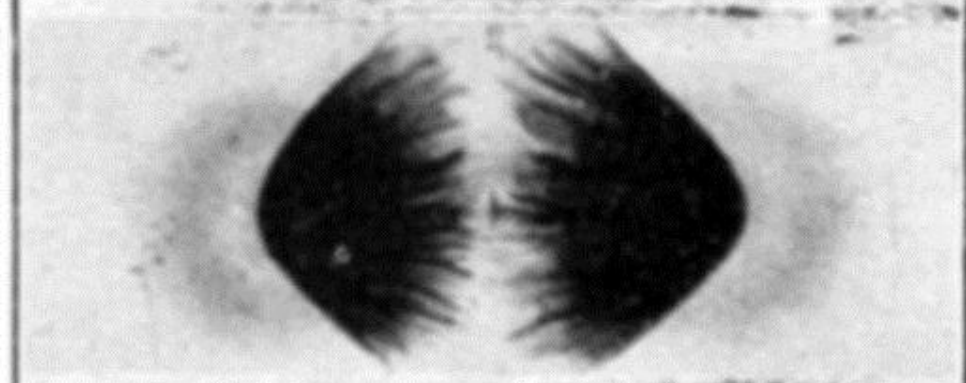
A



B



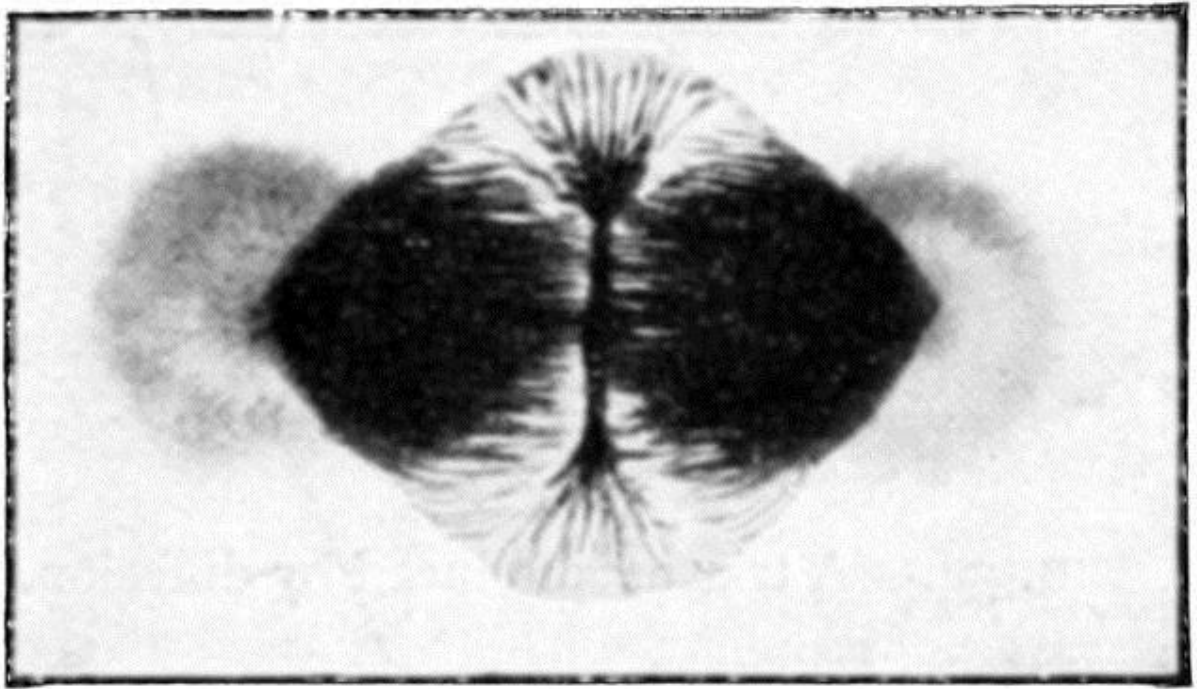
C



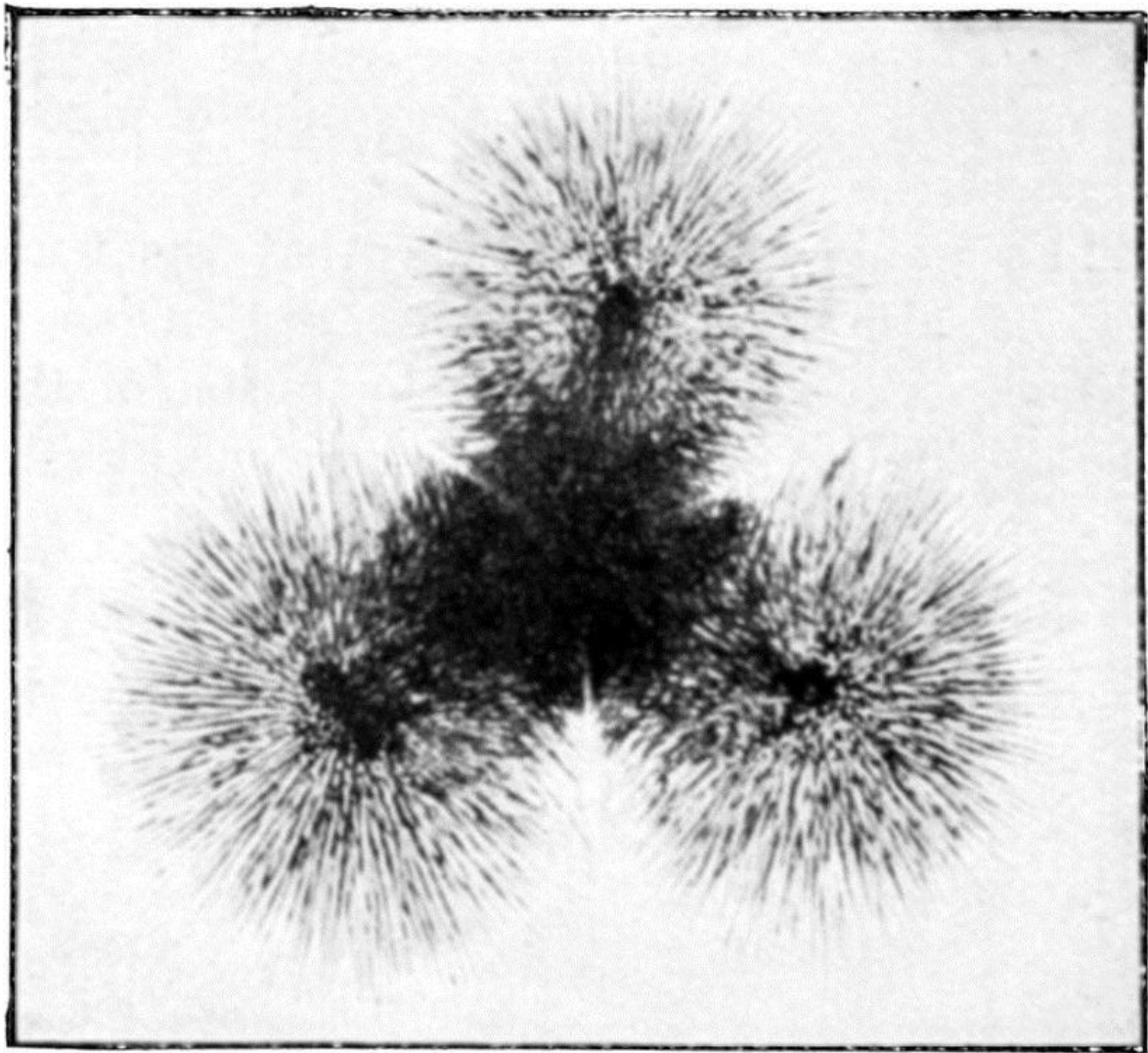
D



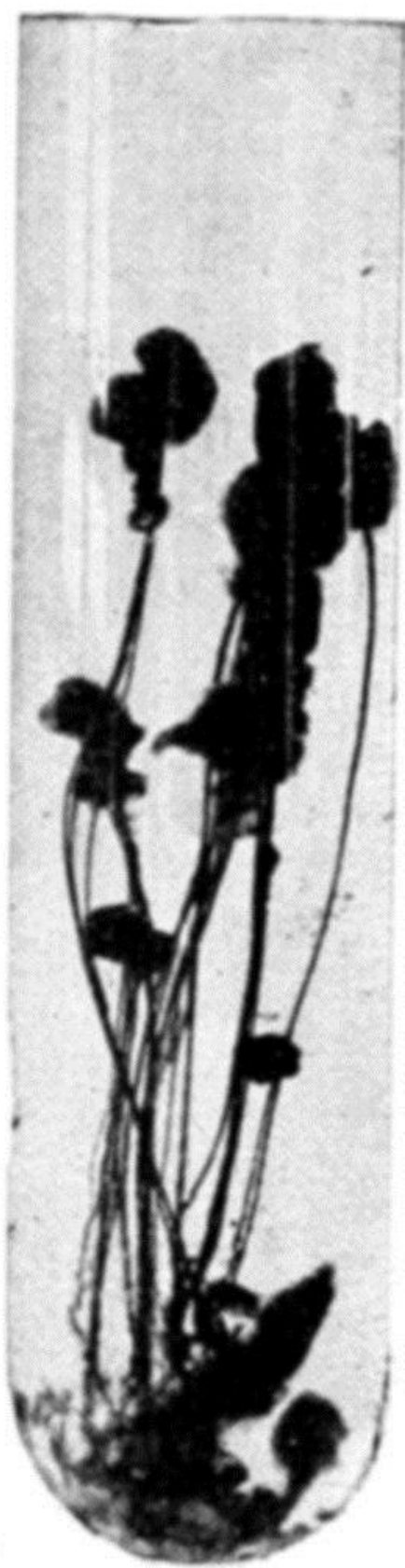
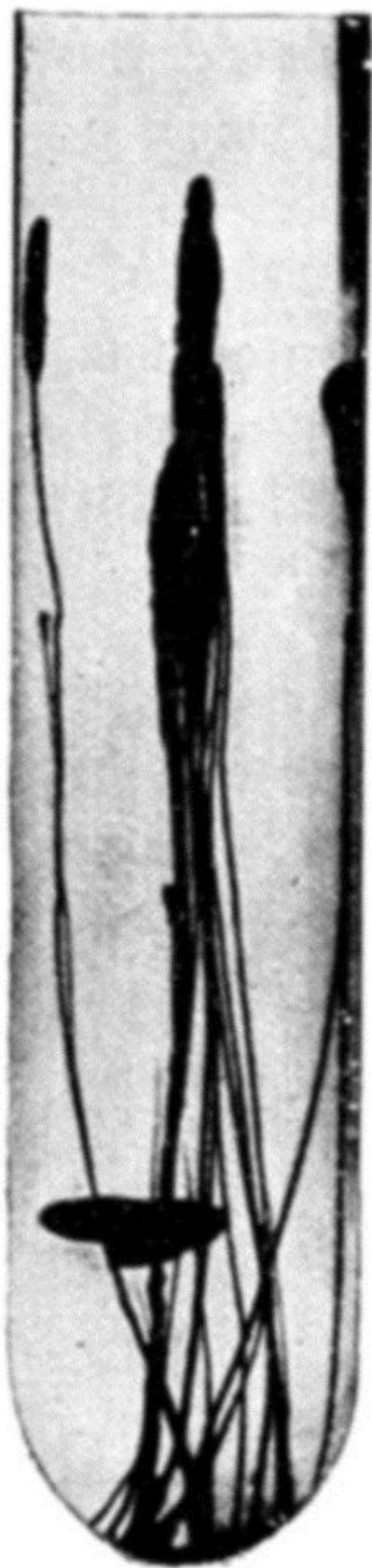
[back](#)



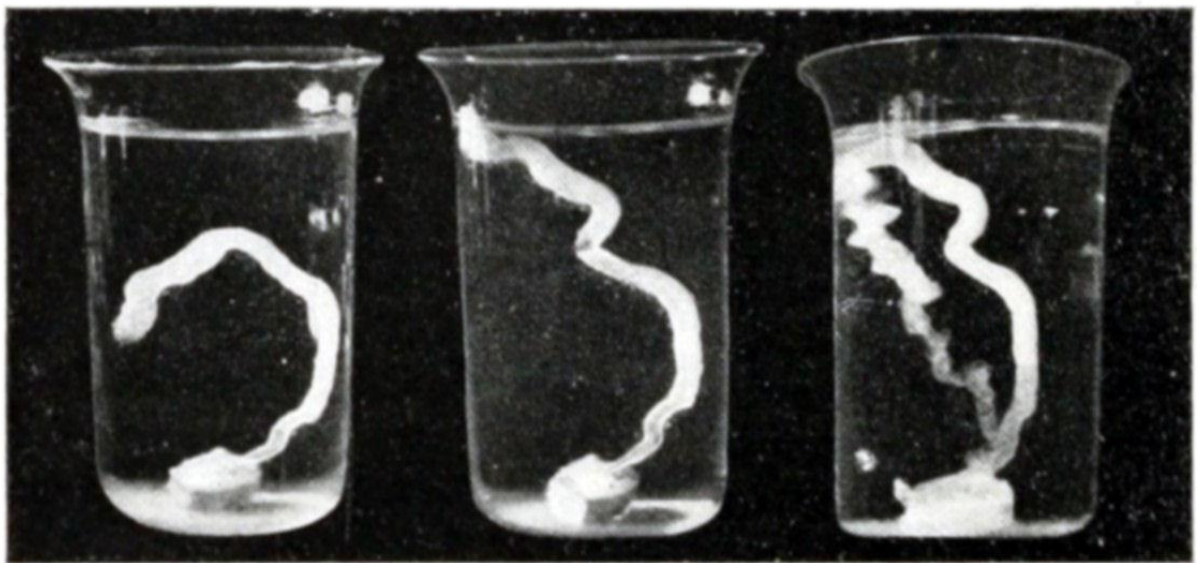
[back](#)



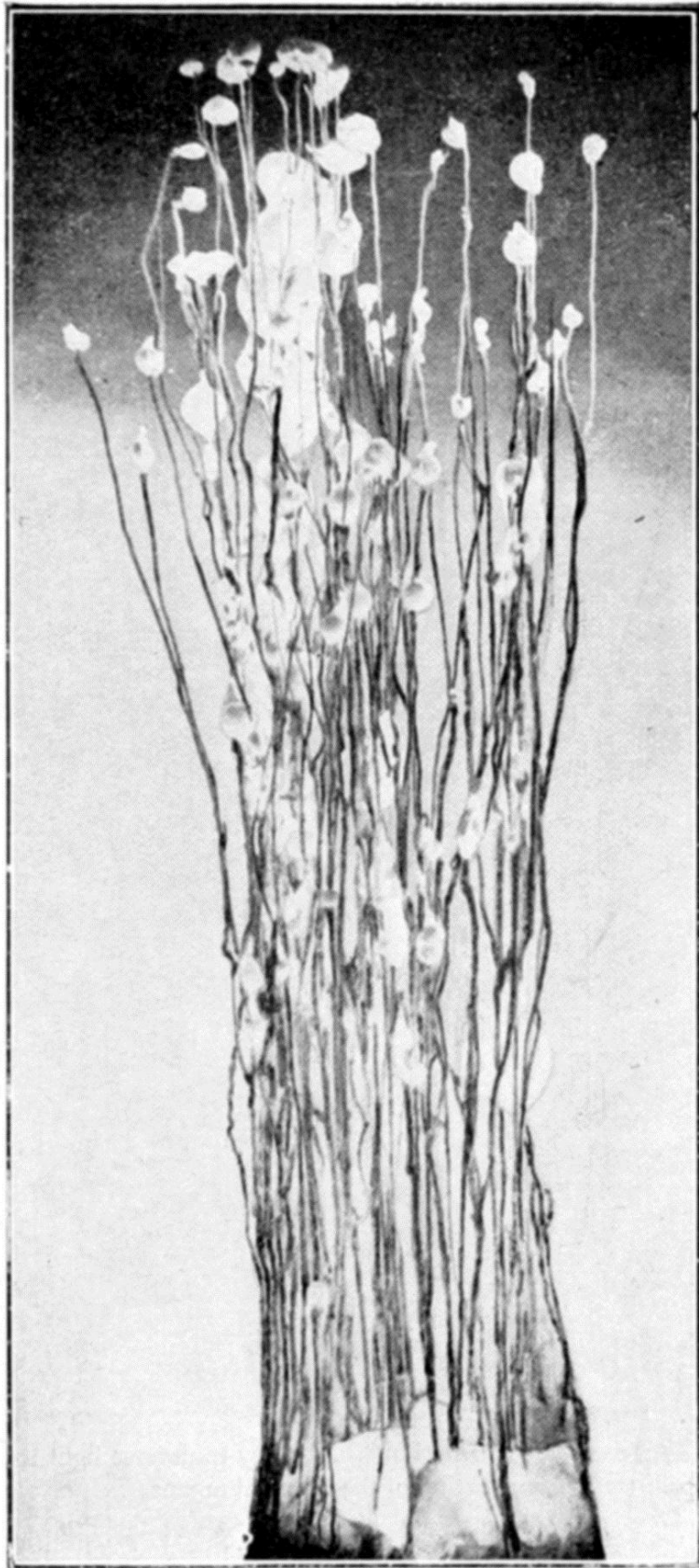
[back](#)



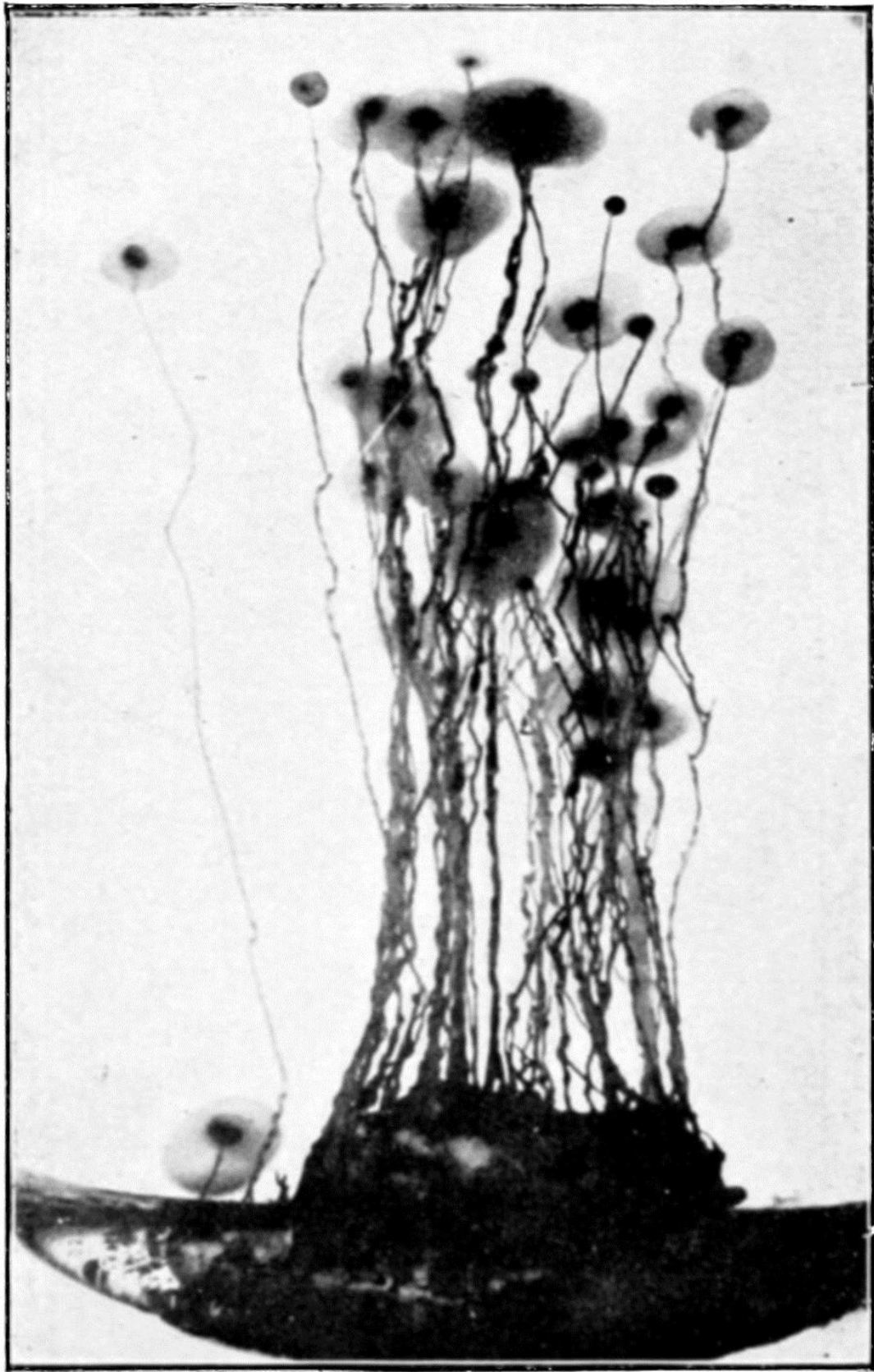
[back](#)



[back](#)



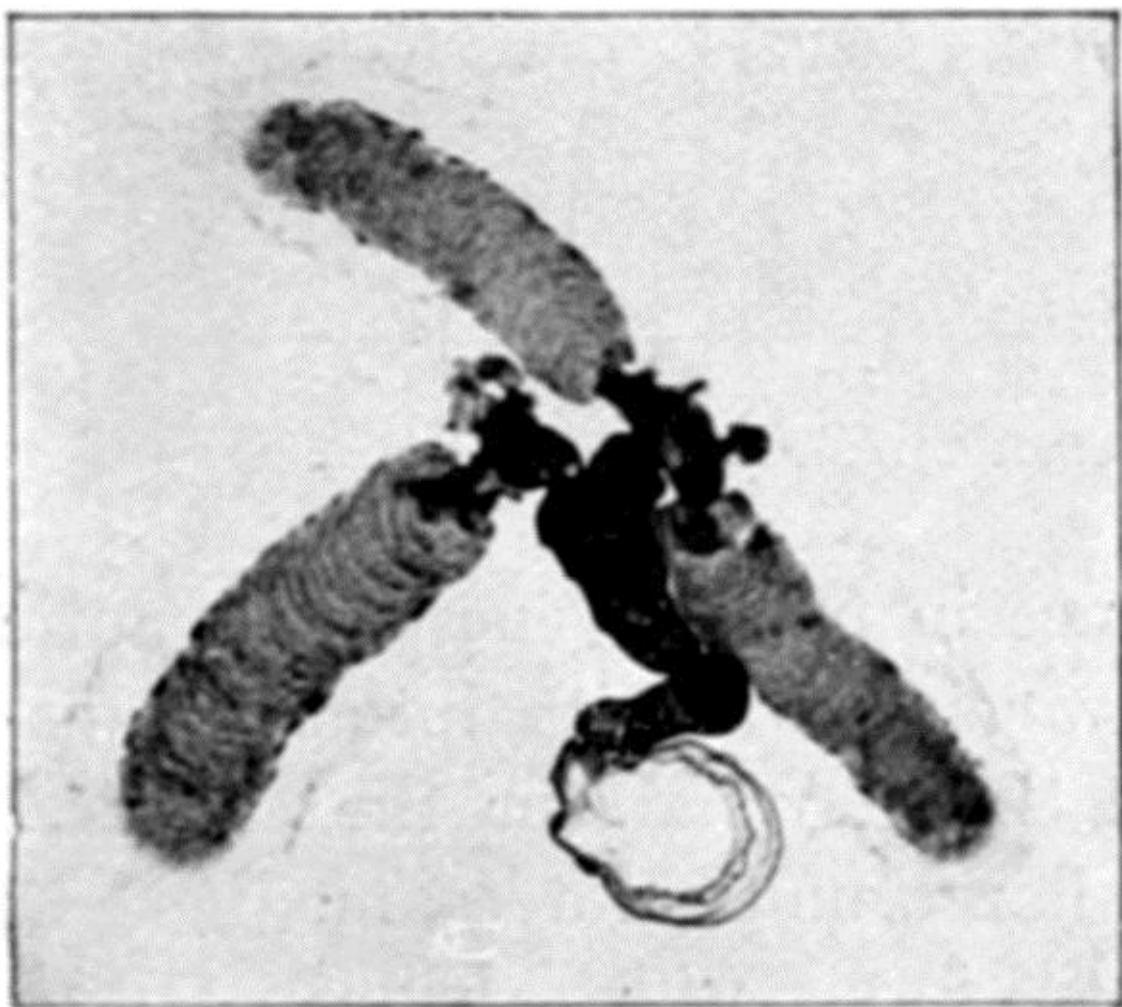
[back](#)



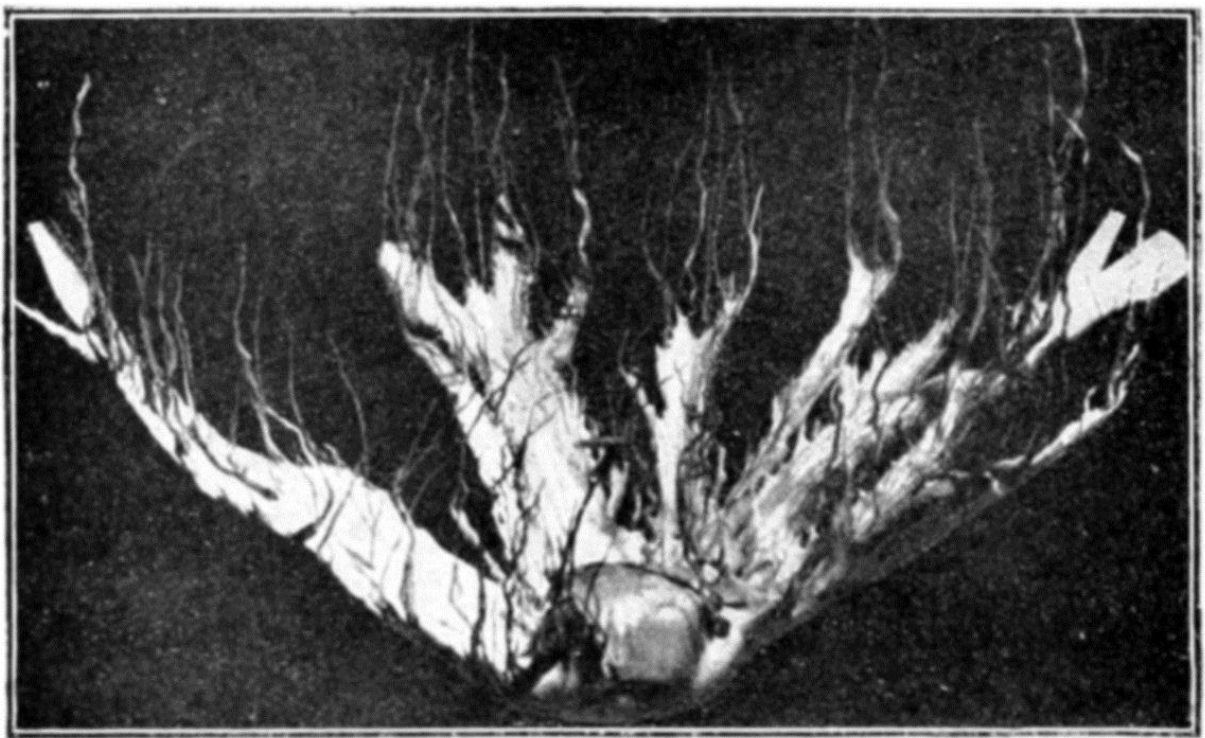
[back](#)



[back](#)



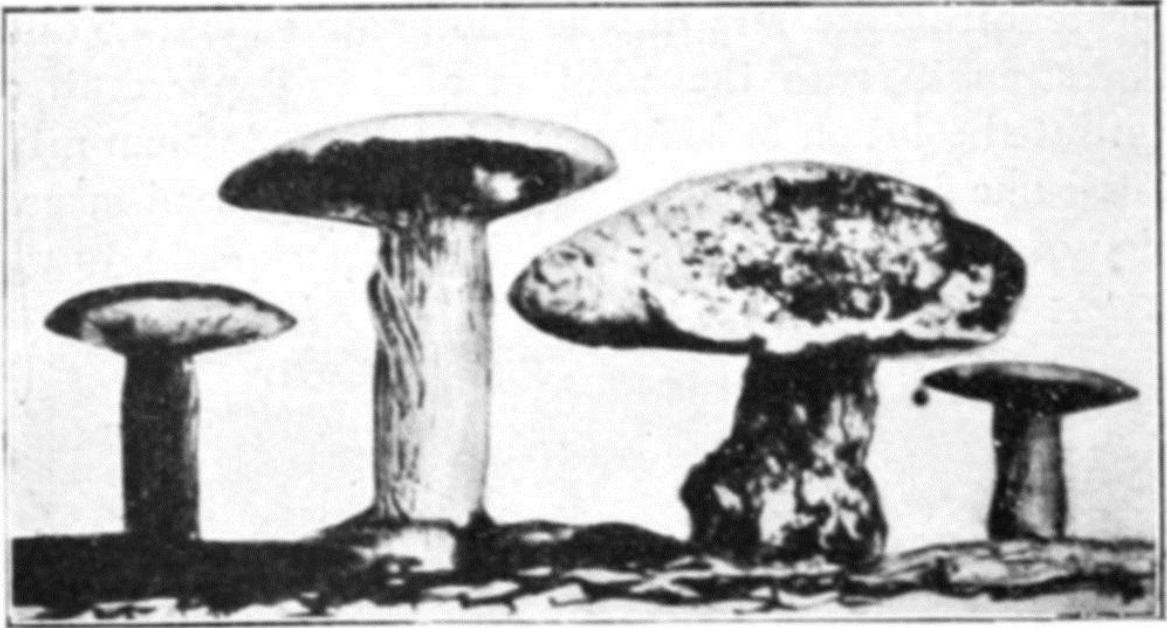
[back](#)



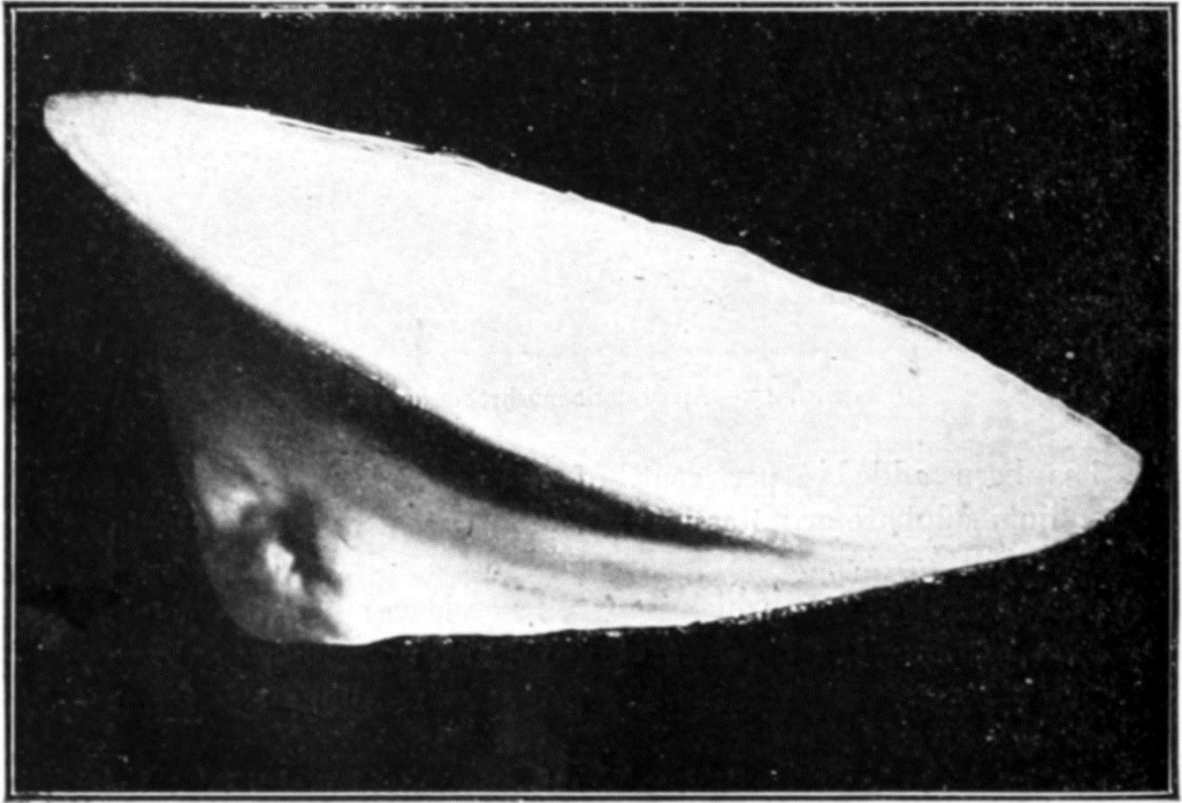
[back](#)



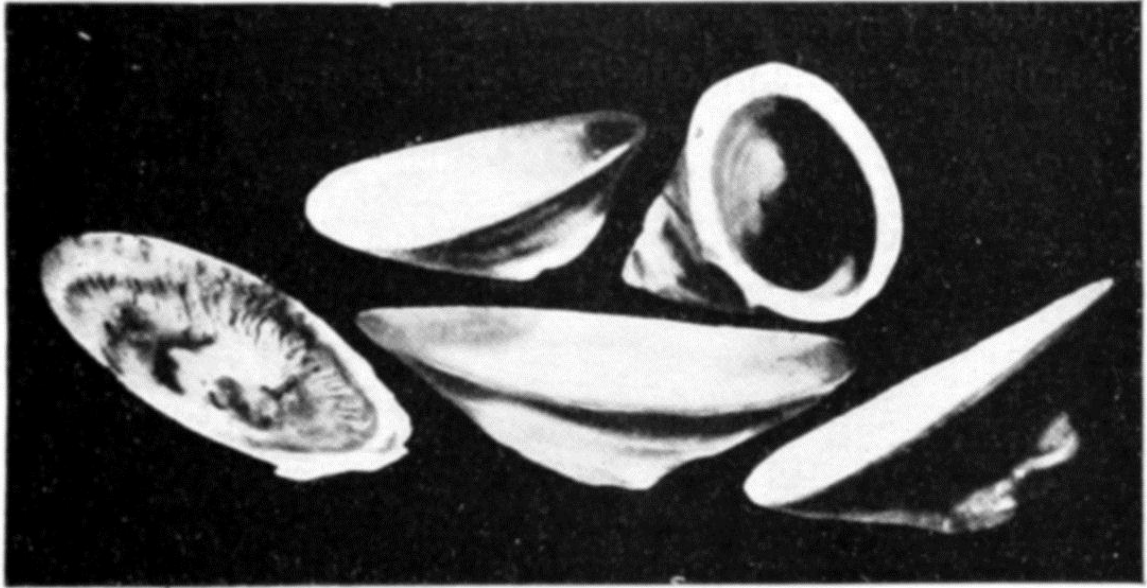
[back](#)



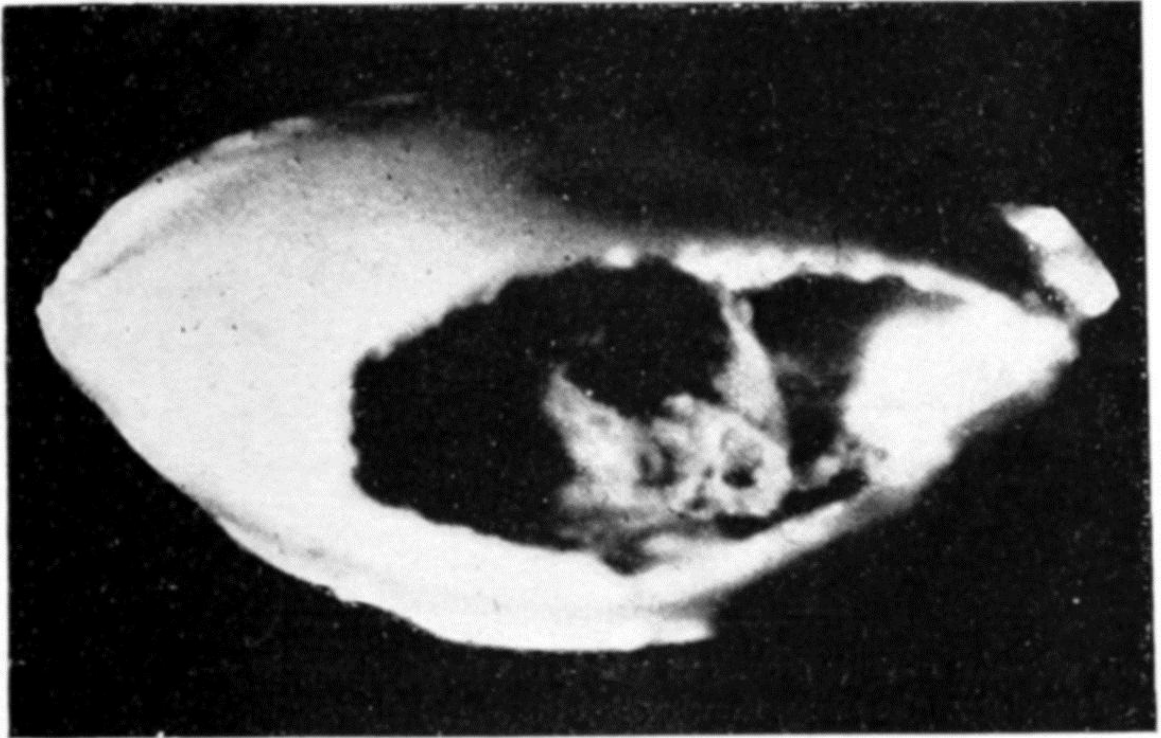
[back](#)



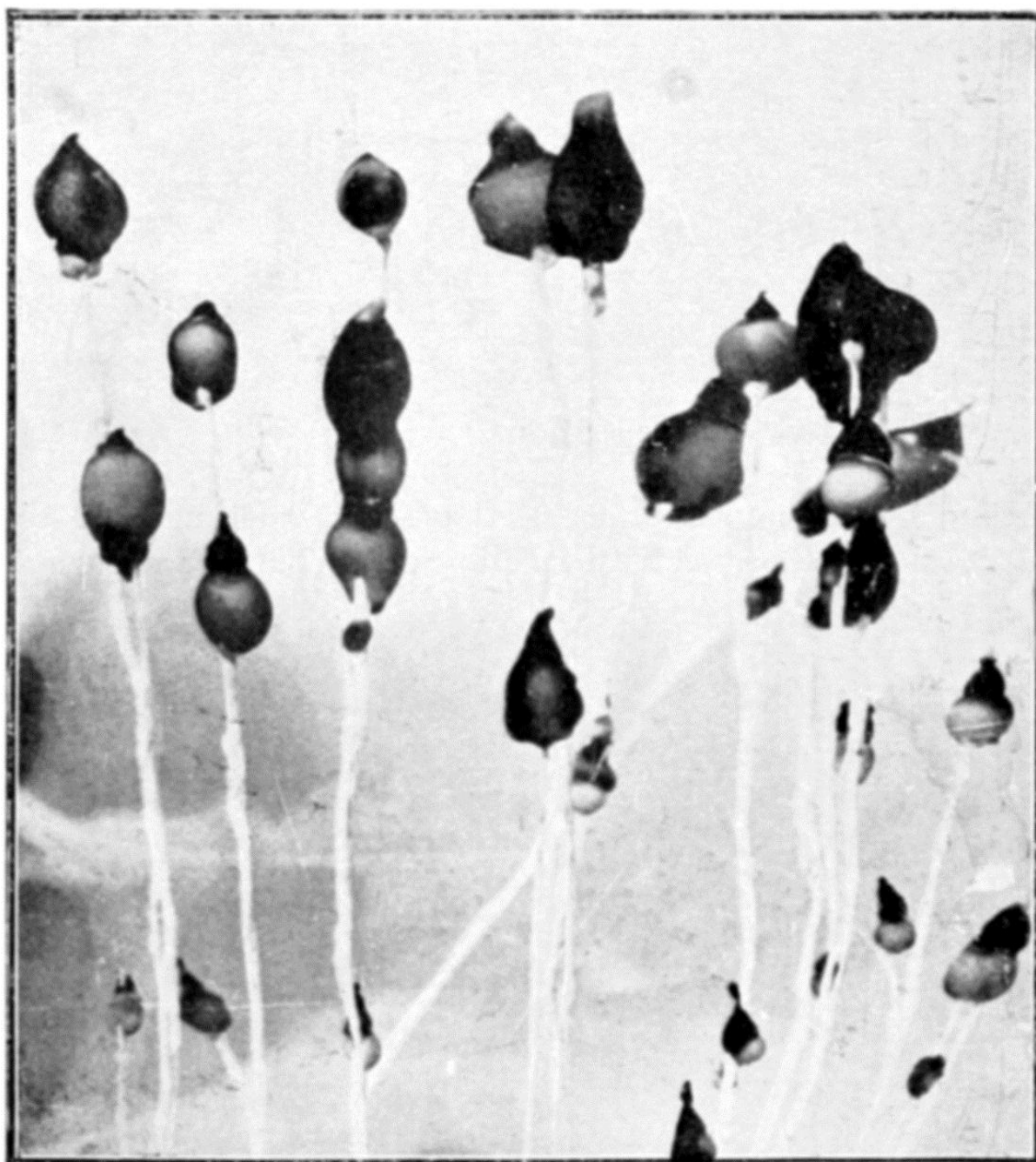
[back](#)



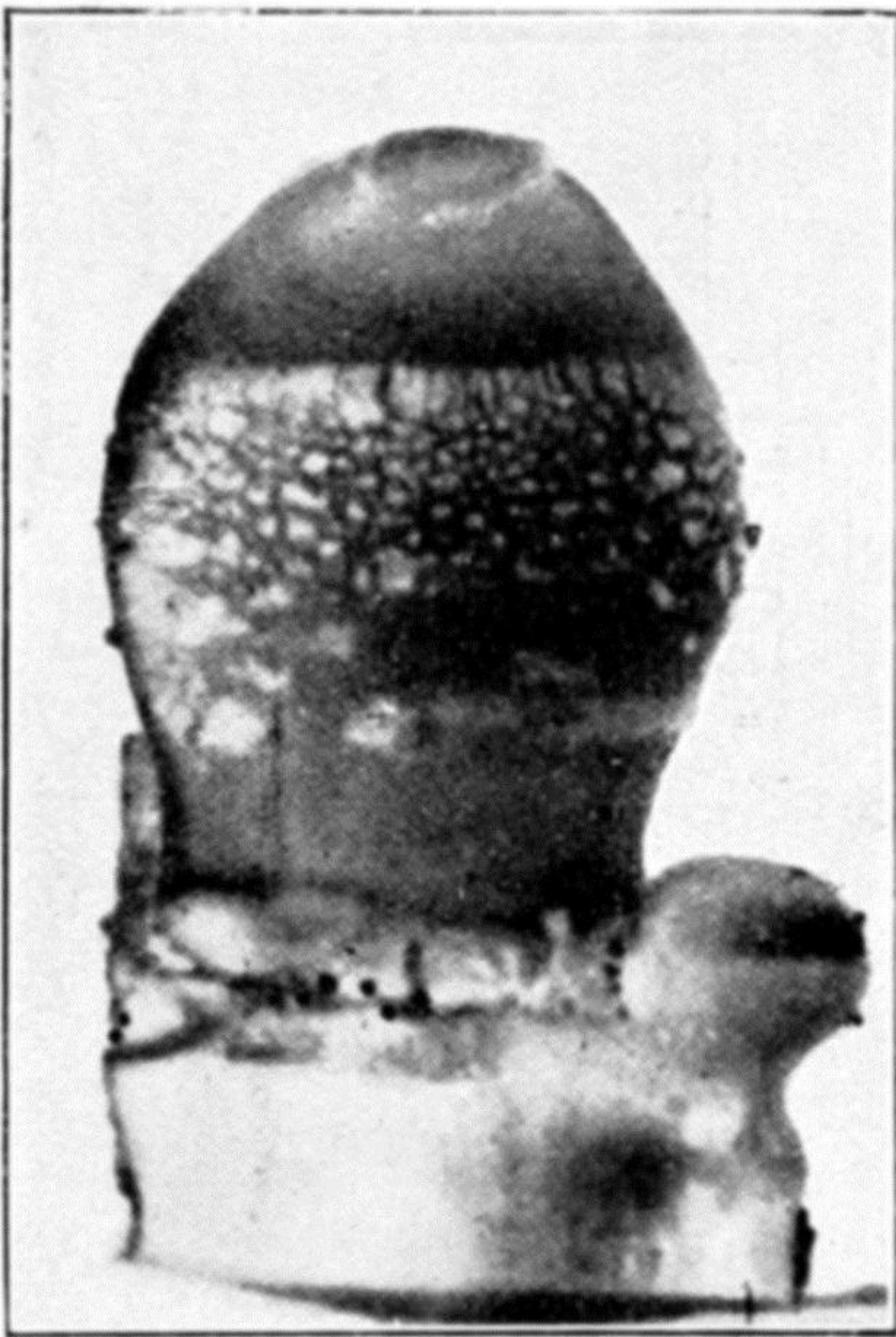
[back](#)



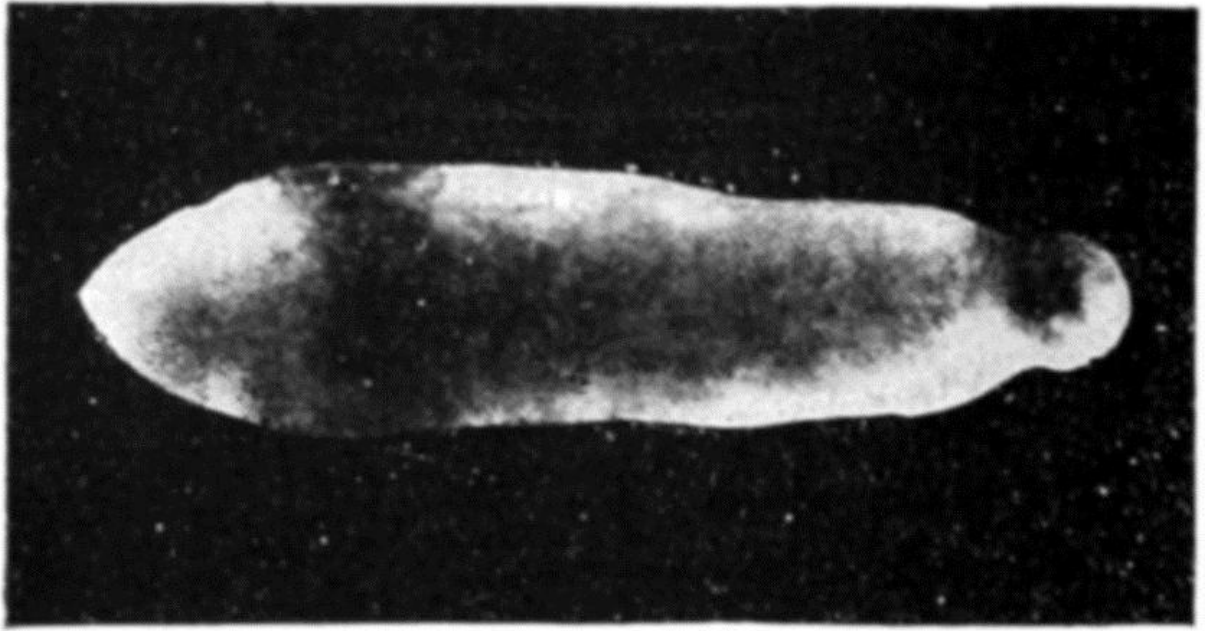
[back](#)



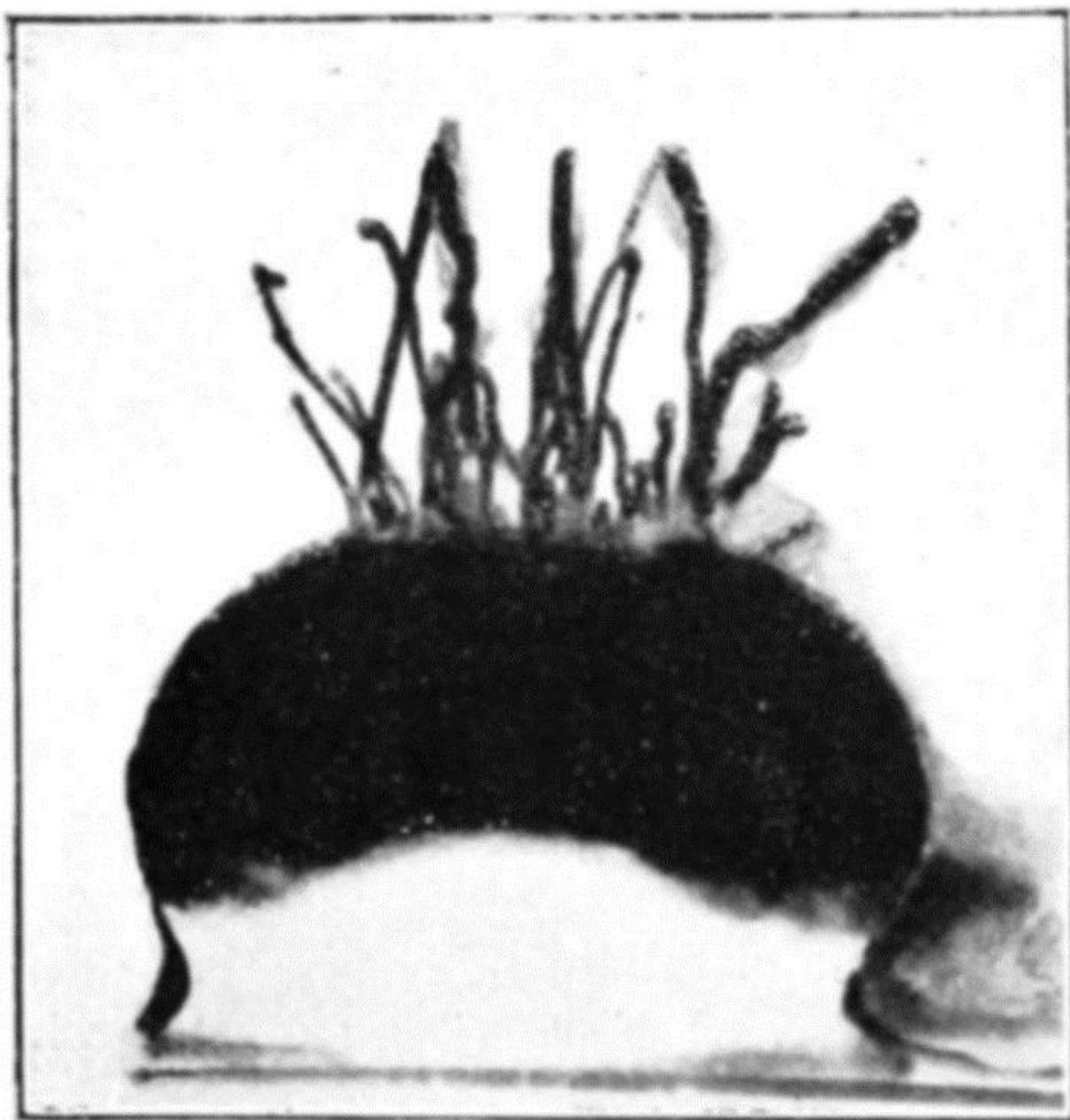
[back](#)



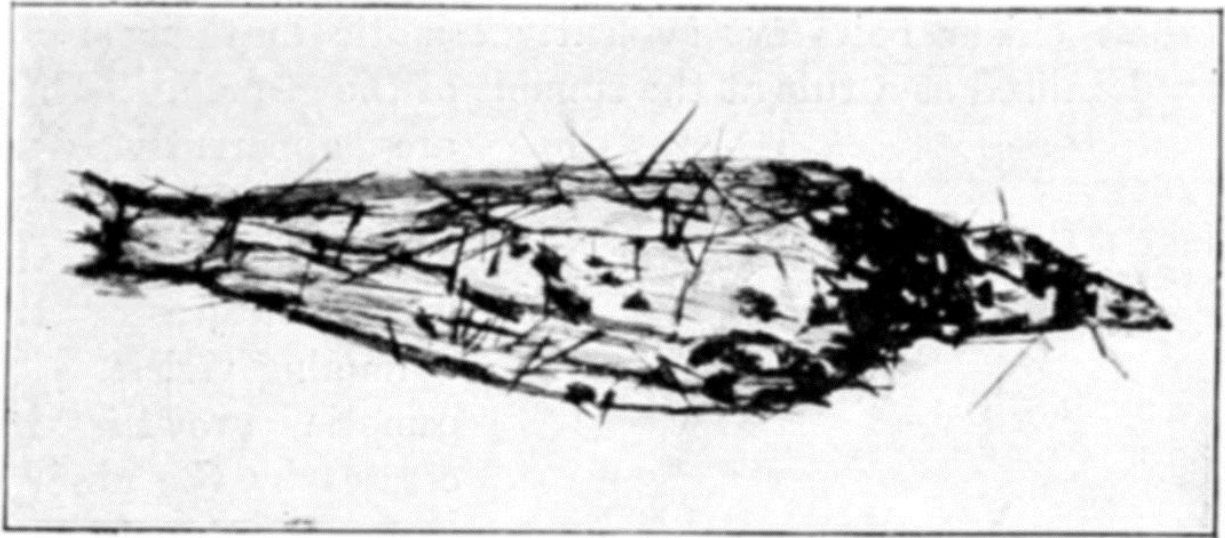
[back](#)



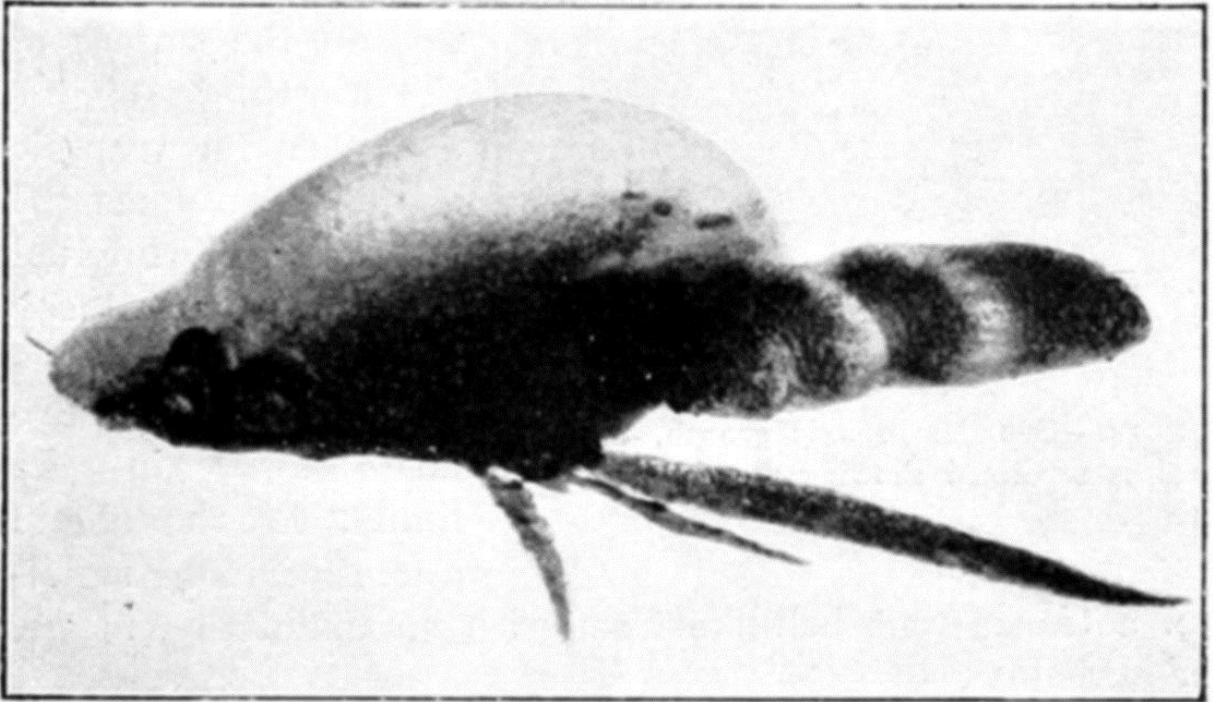
[back](#)



[back](#)



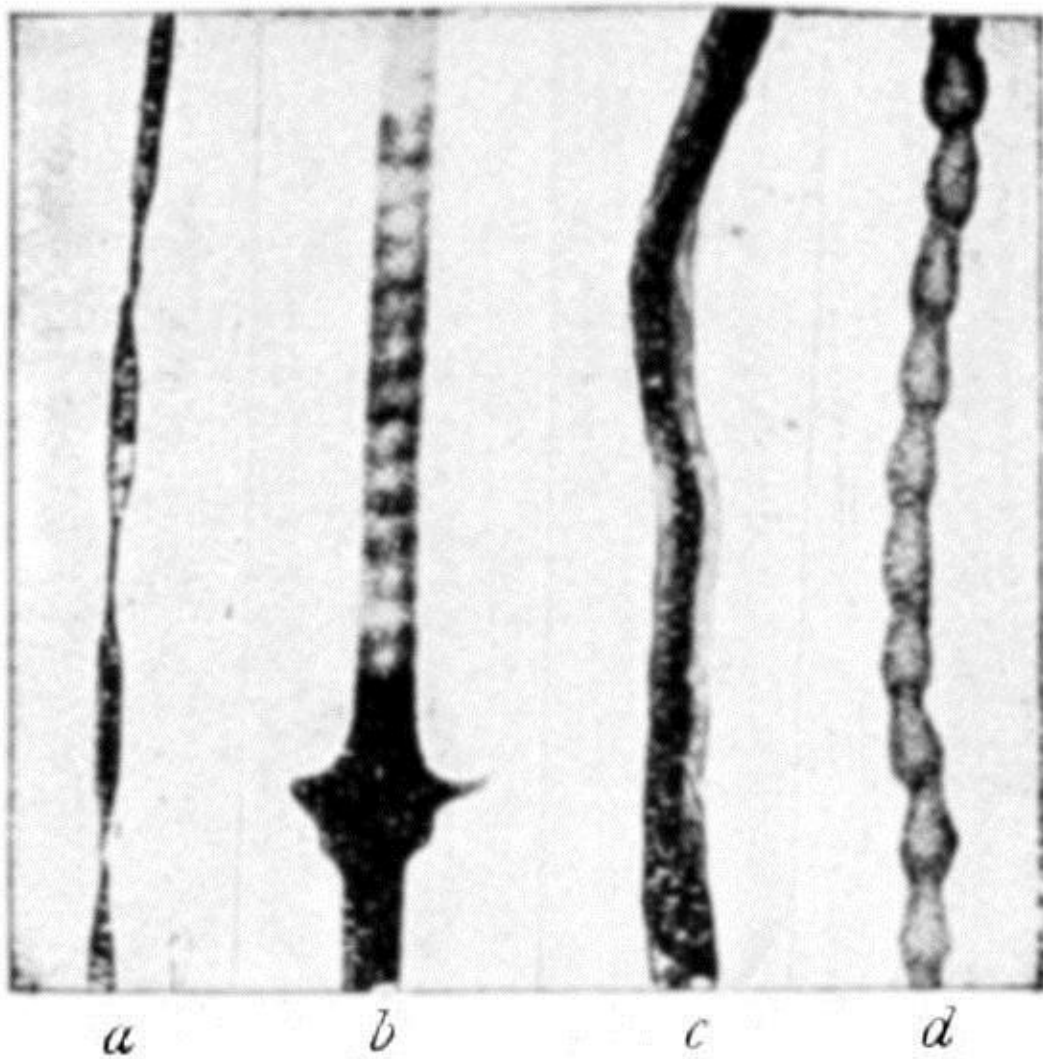
[back](#)



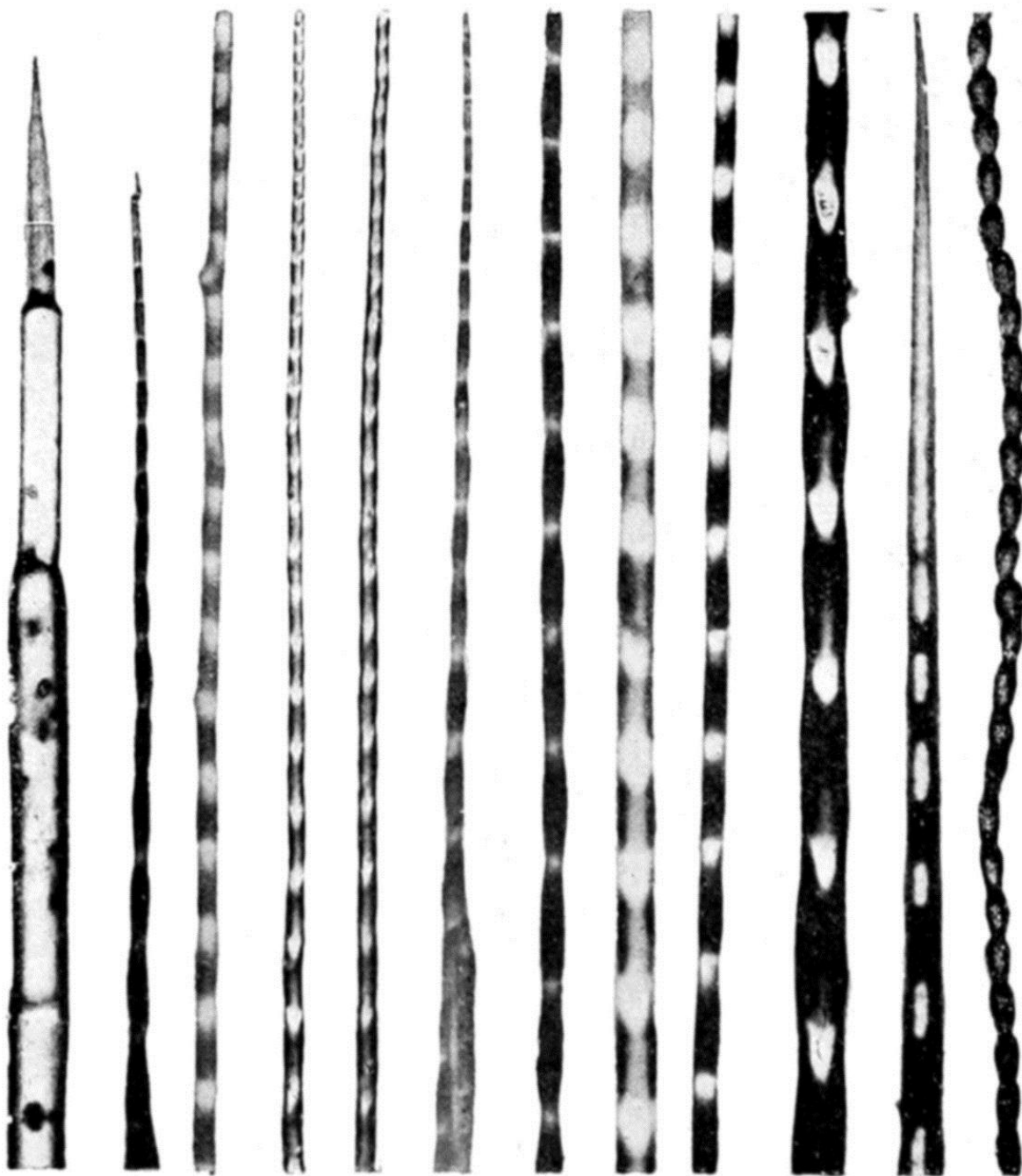
[back](#)



[back](#)



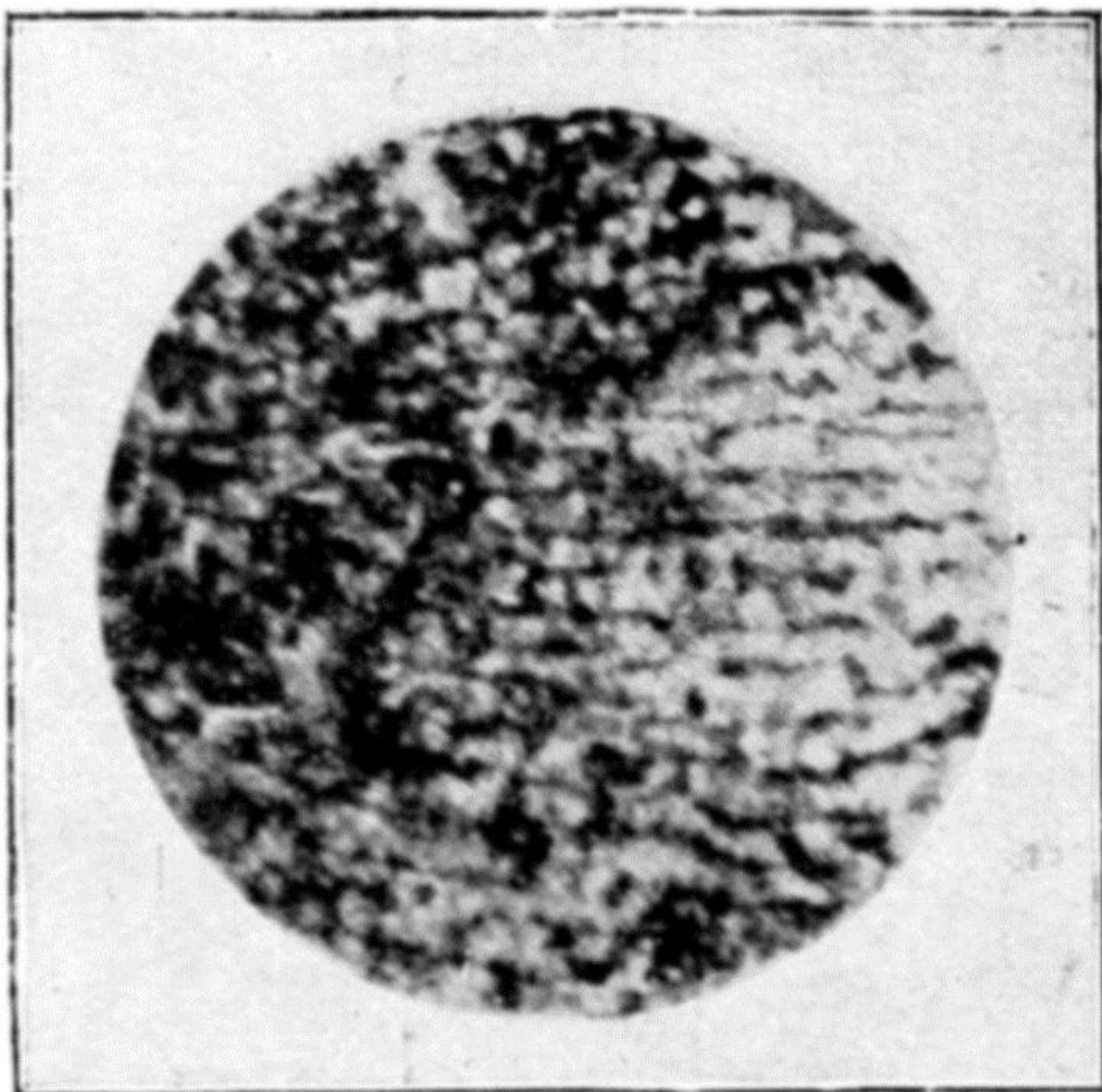
[back](#)



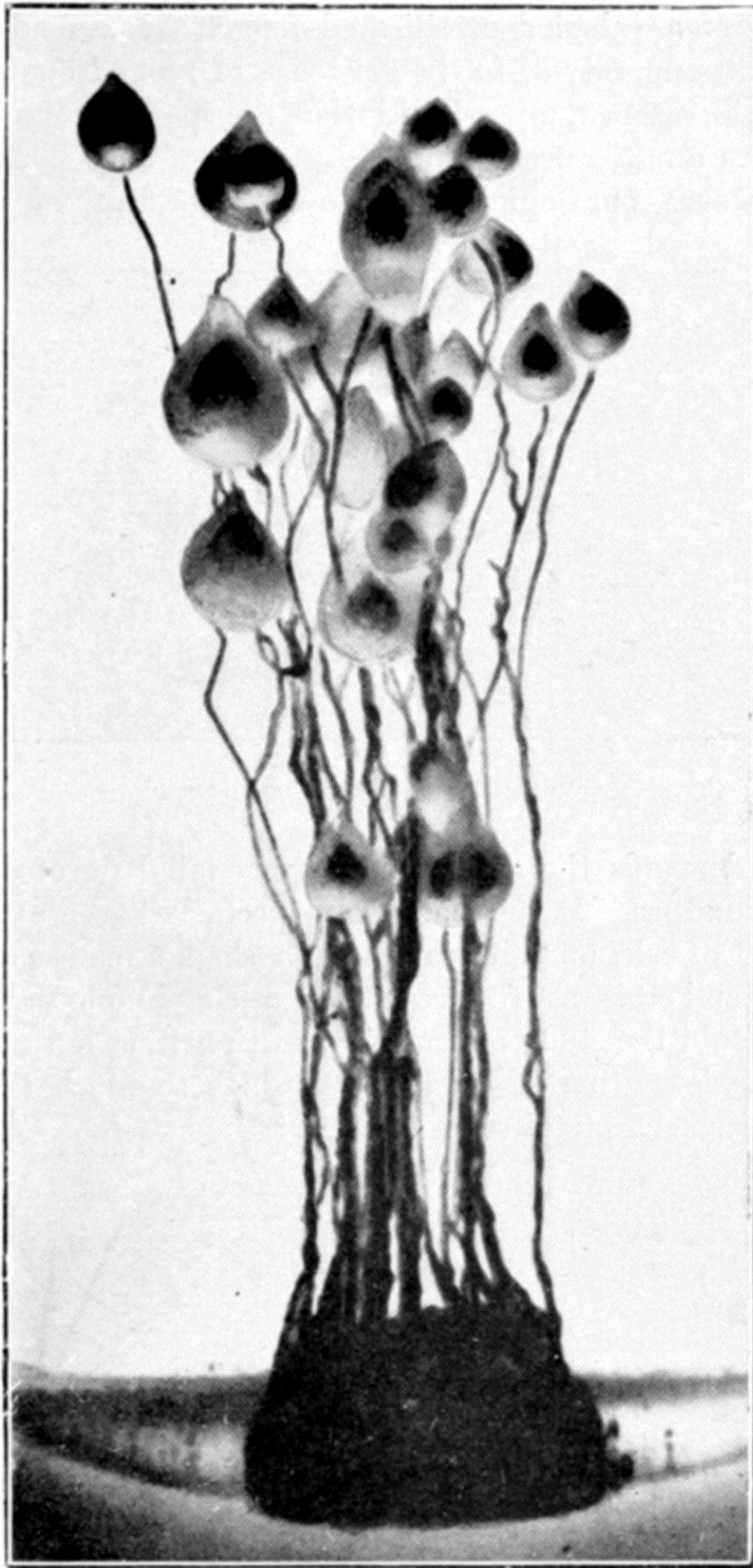
[back](#)



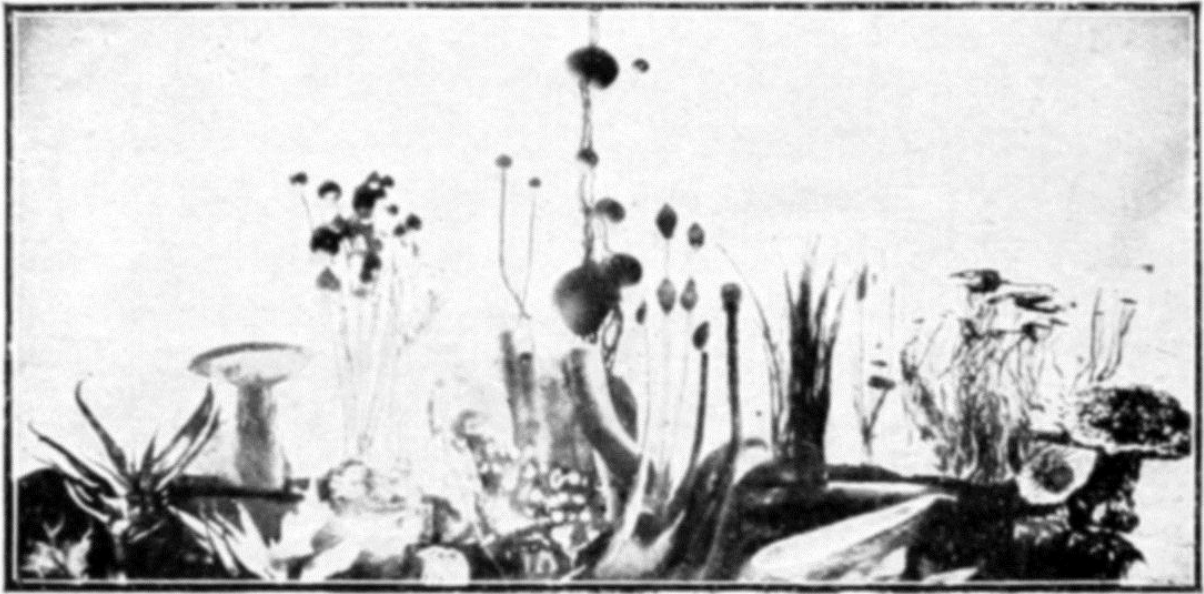
[back](#)



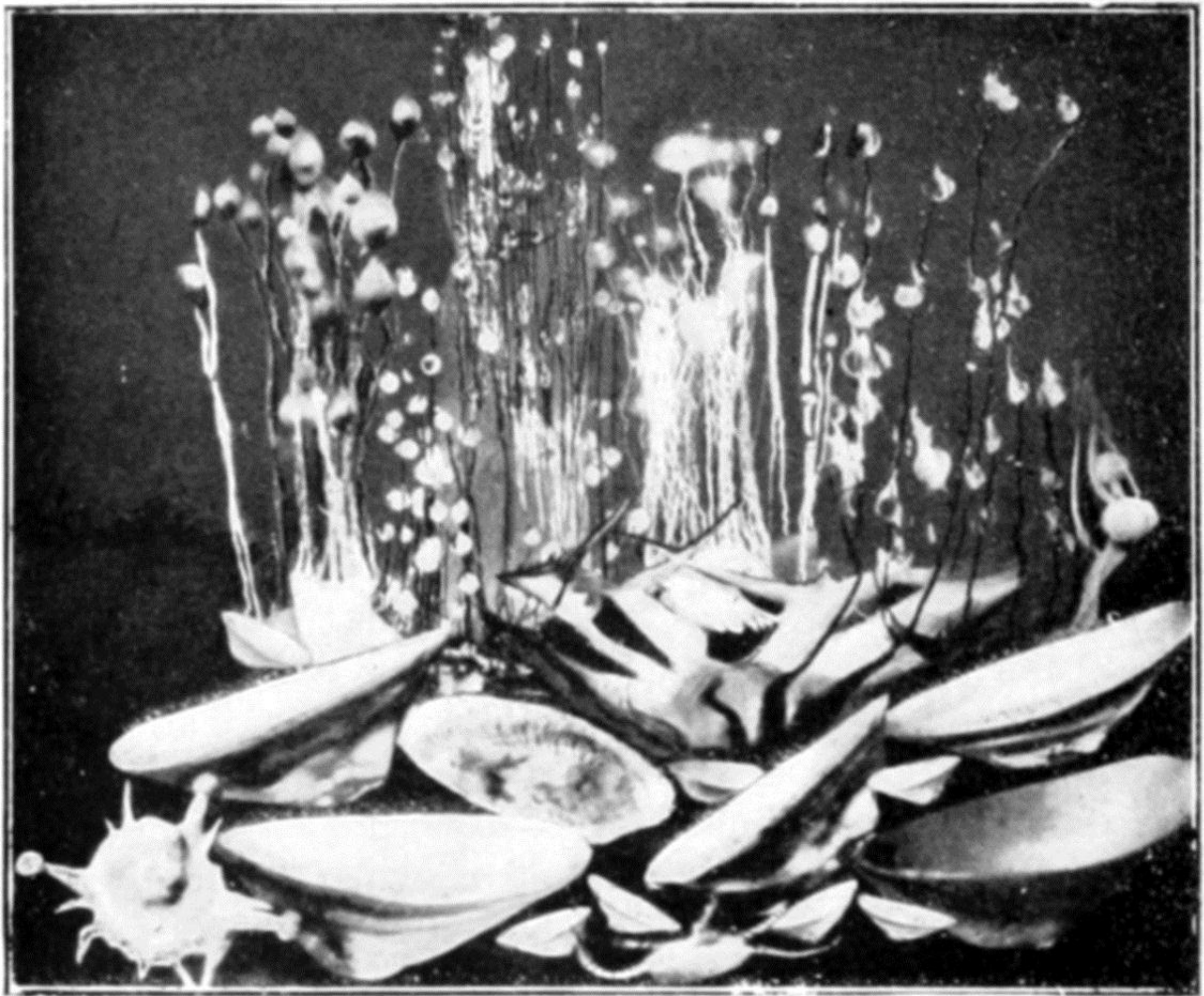
[back](#)



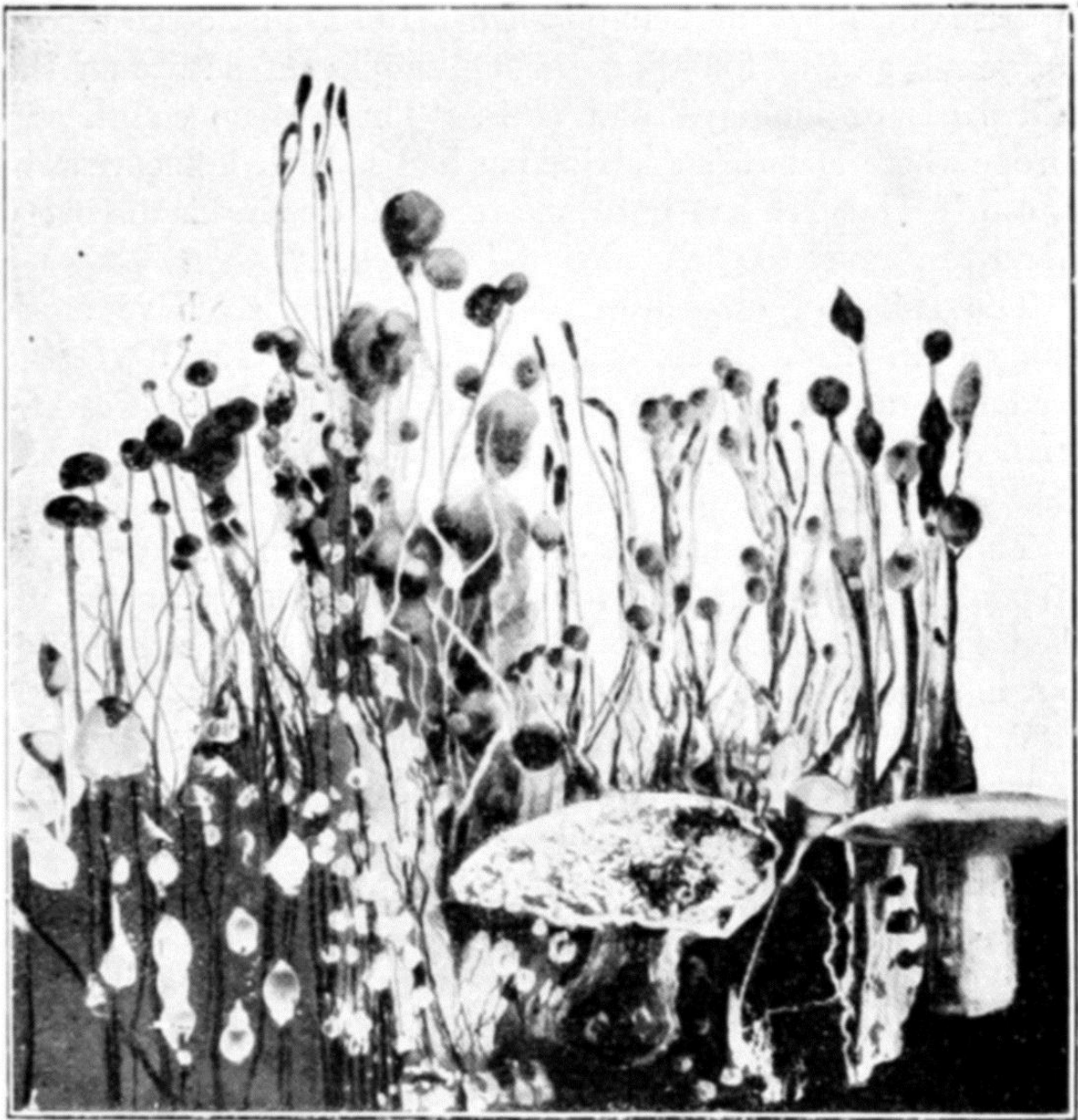
[back](#)



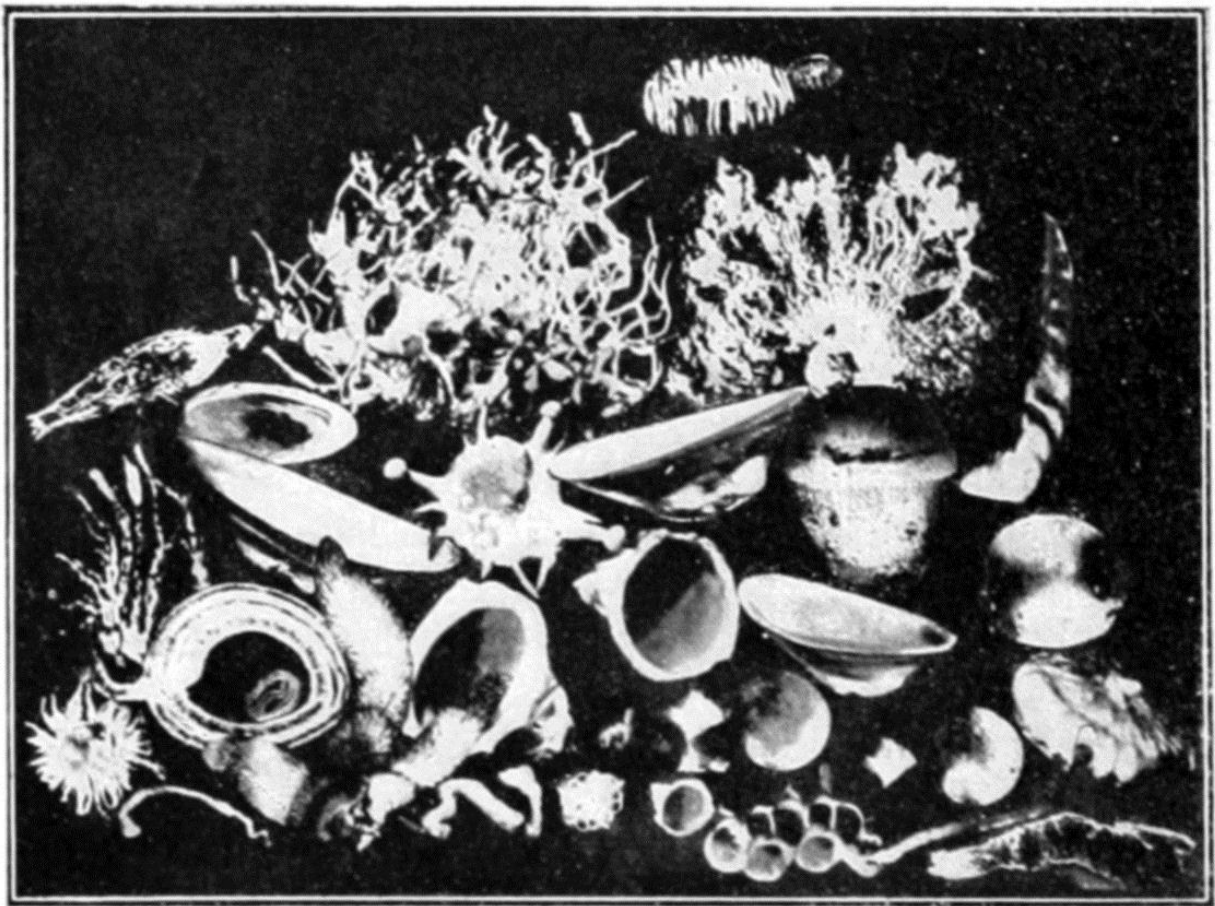
[back](#)



[back](#)



[back](#)



[back](#)



[back](#)